

Statistische Bildeigenschaften und Ästhetik

Habilitationsschrift

vorgelegt am 13.05.2019

der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität Jena

von

Dr. Gregor Uwe Hayn-Leichsenring

aus Frankenberg/Sa.



Gutachter:

1. Prof. Dr. Dr. Christoph Redies
2. Prof. Dr. Christian Dobel
3. Prof. Dr. Helmut Leder, Wien

Erteilung der Lehrbefähigung am 11.12.2019



**Inhaltsverzeichnis**

1. Kurze Einführung in die Thematik und Ziele der eigenen Arbeit.....	7
1.1 Globale Bildeigenschaften.....	8
1.2 Attraktivität von Gesichtern.....	15
1.3 Bewertung abstrakter Kunstwerke.....	19
2. Kurze Darstellung der wichtigsten Ergebnisse und Einordnung in das wissenschaftliche Umfeld.....	24
2.1 Gesichterforschung.....	24
2.2 Forschungen zur abstrakten Kunst.....	29
2.2.1 Kunstproduktion.....	30
2.2.2 Kunstrezeption.....	35
2.3 Ausblick.....	40
3. Ehrenwörtliche Erklärung.....	41
4. Angabe der Eigenarbeit der in der Habilitationsschrift verwendeten Studien.....	41
5. Quellen.....	46
6. Curriculum Vitae.....	60
Abdruck der Originalartikel.....	64



### **1. Kurze Einführung in die Thematik und Ziele der eigenen Arbeit**

In Rahmen meiner wissenschaftlichen Tätigkeit war ich in den vergangenen Jahren auf dem Gebiet der experimentellen Ästhetik tätig. Die experimentelle Ästhetik ist ein Forschungsgebiet, dessen Ursprung in den Arbeiten Gustav Theodor Fechners gegen Ende des 19. Jahrhunderts liegt. Fechner gilt als der Begründer der so genannten Psychophysik, einer Disziplin, die die Verbindung von messbaren Objekteigenschaften mit subjektiven Empfindungen untersucht (Fechner, 1876). Lag zu Fechners Zeiten allerdings der Fokus der Untersuchung noch auf einfachen mathematischen Konzepten wie dem goldenen Schnitt, werden heutzutage elaboriertere Konzepte wie Raumfrequenzen im Fourier-Spektrum, Komplexität, Anisotropie und Selbstähnlichkeit untersucht. Während der goldene Schnitt ein rein artifiziell-mathematisches Konstrukt ist, versuchen die neueren Konzepte die Bestimmung der objektiven Eigenschaften mit dem Aufbau und der Verarbeitungsweise des menschlichen visuellen Systems in Einklang zu bringen. Es besteht die Grundhypothese, dass durch diese Vorgehensweise begründet werden kann, wieso Bilder mit bestimmten objektiven Eigenschaften von Menschen präferiert werden.

Meine Habilitationsschrift ist darauf ausgelegt, die aktuelle Forschungslage bezüglich der Messung von objektiven Bildeigenschaften in Kunstwerken darzulegen und hernach meine eigenen Ergebnisse zu präsentieren, die ich zusammen mit meinen Kollegen in den vergangenen Jahren innerhalb der Juniorarbeitsgruppe „Psychology of Beauty“ am Universitätsklinikum Jena erarbeitet und publiziert habe. Im folgenden Abschnitt sollen zunächst die von mir analysierten Bildeigenschaften genauer dargestellt werden. Danach wird die aktuelle Forschungslage zu globalen Bildeigenschaften in Bezug auf die Attraktivitätsbewertung von Gesichtern und die Schönheitsbewertung von (abstrakten) Kunstwerken dargelegt. Im zweiten Abschnitt werde ich dann die Ergebnisse meiner Arbeitsgruppe zusammenfassend präsentieren.

### 1.1 Globale Bildeigenschaften

Das visuelle System des Menschen analysiert unbewusst Helligkeits- und Farbunterschiede. Innerhalb dieser automatisch ablaufenden Analyse wird die Änderung der gegebenen räumlichen Frequenzen genutzt, um eine Repräsentation der Umwelt zu bilden. Das bedeutet, dass globale Eigenschaften von Bildern (z. B., Stärke einzelner Raumfrequenzbereiche, Kontrast und Helligkeit) die Wahrnehmung der darauf abgebildeten Objekte beeinflussen können.

Es ist anzunehmen, dass das menschliche visuelle System sowohl evolutionär, als auch in der individuellen Entwicklung an die Eigenschaften der natürlichen Umgebung angepasst wurde. Aus diesem Grund kann die Analyse natürlicher Stimuli (darunter fallen Fotos von Landschaften, Tieren, Pflanzen oder Menschen) dabei helfen, die Mechanismen visueller Wahrnehmung zu verstehen. Zunächst ist es wichtig zu betonen, dass natürliche Bilder (das sind beispielsweise realweltliche Fotografien und Gemälde) nur einen Bruchteil aller möglichen Bilder ausmachen (Graham & Field, 2008; Olshausen & Field, 1996). Im Vergleich mit Zufallsmustern (z.B. weißem Rauschen) sind natürliche Bilder geordneter und teilen sich gemeinsame Eigenschaften (Geisler, 2008; Graham & Field, 2008; Olshausen & Field, 2000; Ruderman, 1994; Simoncelli & Olshausen, 2001). Die Helligkeit (und Farbe) einzelner Punkte korreliert in natürlichen Bildern stets mit der Helligkeit (und Farbigkeit) anderer (benachbarter) Punkte. Diese Korrelation nimmt mit der Entfernung zweier jeweiliger Punkte ab (Olshausen & Field, 2000).

Eine Methode zur Darstellung der Raumfrequenzen ist die Fourier-Transformation (Abbildung 1). Diese zerlegt die Helligkeitsschwankungen eines Bildes in eine Reihe von Sinus- und Cosinus-Kurven mit unterschiedlichen Amplituden und Frequenzen. Das 2D-Fourier-Intensitäts-Spektrum (die Intensität entspricht dem Quadrat der Amplitude) zeigt die Stärke der Raumfrequenzen an (Abbildung 1B).



Hierbei werden niedrige Raumfrequenzen in der Mitte dargestellt, während hohe Raumfrequenzen in der Peripherie abgebildet sind. Die Helligkeit ist dabei ein Marker für die Intensität. Das eindimensionale Fourier-Intensitäts-Spektrum wird durch eine radiale Mittelung der Intensitäten der Raumfrequenzen erzeugt. In einem doppelt logarithmierten Diagramm entsteht ein Graph mit einem spezifischen Anstieg, welcher als *spektraler Anstieg* bezeichnet wird (Abbildung 1C). Für Bilder von natürlichen Stimuli ergibt sich in der Regel eine Gerade. Die fehlende Krümmung des Anstiegs repräsentiert Skaleninvarianz (Graham & Redies, 2010).

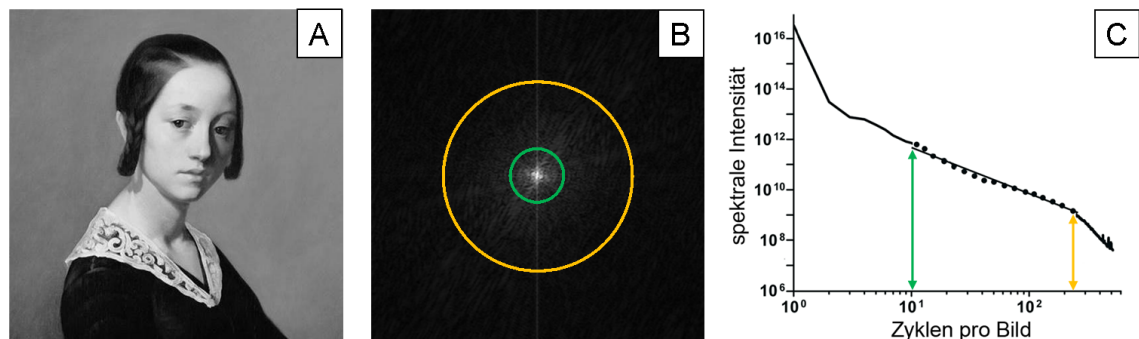


Abbildung 1: Visuelle Darstellung der Fourier Transformation anhand eines Beispielbildes.

A: Jean-François Millet: Louise-Antoinette Feuardent (1841). Schwarzweiß-Darstellung, Ausschnitt.

B: 2D-Fourier-Intensitäts-Spektrum. Je heller ein Pixel ist, desto höher ist die gemessene Intensität. Niedrige Frequenzen sind in der Mitte, höhere Frequenzen zum Bildrand repräsentiert. Die farbigen Kreise stehen symbolisch für die radiale Mittelung, durch welche das eindimensionale Fourier-Intensitäts-Spektrum berechnet wird (grün: relativ niedrige Frequenz, orange: relativ hohe Frequenz).

C: Doppelt logarithmiertes eindimensionales Fourier-Intensitäts-Spektrum. Die farbigen Pfeile repräsentieren den Ort der radialen Mittelung (siehe B), aus welcher der Graph berechnet wird. Im Falle eines Kunstportraits entsteht im mittleren Frequenzbereich eine Gerade mit einem Anstieg von ca. -2 (Redies, Hänisch, Blickhan, & Denzler, 2007).

Bei skaleninvarianten Bildern bleibt die Verteilung von groben und feinen Strukturen beim Ein- bzw. Auszoomen gleich. Der Anstieg der Geraden ist bei natürlichen Bildern negativ, was auf einen höheren Anteil an niedrigen Raumfrequenzen schließen lässt. Der spektrale Anstieg von Landschaftsfotos ist ca. -2. Dabei muss beim Vergleich verschiedener Studien beachtet werden, dass der Wert des spektralen Anstiegs basieren auf der Amplitude im Vergleich zum spektralen Anstieg

basierend auf der Intensität halb so hoch ist – also ca. -1 für natürliche Szenen (Burton & Moorhead, 1987; Ruderman & Bialek, 1994; Tolhurst, Tadmor, & Chao, 1992). Im folgenden Text beziehen sich die Werte des Anstiegs allerdings immer auf das doppelt logarithmierte Diagramm der Intensitäten der Raumfrequenzen. Im Gegensatz zu Fotos natürlicher Szenen (Landschaften) besitzen Fotos von Alltagsgegenständen einen höheren Anteil an niedrigen Frequenzen und weisen demnach steilere spektrale Anstiege auf (ca. -3). Ein ähnlich steiler spektraler Anstieg (ca. -3) findet sich bei Fotos von menschlichen Gesichtern (Redies, Hänisch, et al., 2007).

Es wird angenommen, dass das menschliche visuelle System evolutionär auf die Verarbeitung von Bildern mit den Eigenschaften natürlicher Szenen (im doppelt logarithmierten Fourier-Intensitäten-Spektrum zeigt sich eine Gerade mit einem Anstieg von ca. -2) adaptiert hat (Parraga, Troscianko, & Tolhurst, 2000; Tolhurst & Tadmor, 2000). Bilder mit abweichenden statistischen Werten können Unbehagen erzeugen (Juricevic, Land, Wilkins, & Webster, 2010). Zudem wurde experimentell gezeigt, dass die Präferenz für bestimmte Bildeigenschaften mit der visuellen Sensitivität für ebendiese Eigenschaften korreliert (Spehar et al., 2015). Diese Befunde deuten darauf hin, dass skaleninvariante Bilder (Entstehen einer Geraden) mit einer spezifischen Verteilung von groben und feinen Strukturen (die Gerade hat einen Anstieg von ca. -2) vom menschlichen visuellen System besonders gut verarbeitet werden. Dies wird mithilfe der *Hypothese der effizienten Kodierung* („efficient coding hypothesis“) erklärt (Barlow, 1961).

Die Grundaussage der Hypothese der effizienten Kodierung besagt, dass das Output eines Neurons optimal ist (Atick, 1992; Barlow, 1961; Field, 1994; Olshausen & Field, 1996). *Effizient* bedeutet hierbei, dass die Anzahl der vermittelnden Aktionspotentiale für die Weitergabe von Informationen bzw. die Anzahl der

beteiligten Neurone minimiert wird. Das Gehirn benutzt eine spezielle Kodierung, welche an die Repräsentierung von visueller und auditiver Information angepasst ist, die oft verarbeitet wird. Das richtet sich nach der natürlichen Umgebung in der der Organismus lebt. Außerdem beinhaltet die Hypothese der effizienten Kodierung auch Adaptationsmechanismen, in welchen der Output des Neurons dem Stimulus angepasst wird (Rieke & Rudd, 2009). Verschiedene Studien haben inzwischen gezeigt, dass Neuronen des visuellen Kortex natürliche Bilder tatsächlich effizient kodieren (Olshausen & Field, 2000; Simoncelli & Olshausen, 2001; Vinje & Gallant, 2000, 2002)

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das visuelle System mithilfe einer effizienten Kodierung natürliche Szenen optimal verarbeiten kann (Olshausen & Field, 1996, 2000; Simoncelli, 2003). Da visuell ansprechende Bilder (wie beispielsweise Kunstwerke) im Mittel die gleichen statistischen Bildeigenschaften wie Bilder natürlicher Szenen aufweisen (vgl. Abbildung 1), kann davon ausgegangen werden, dass auch diese Stimuli effizient kodiert werden (Graham & Redies, 2010; Redies, 2007).

Neben den Fourier-Eigenschaften von Bildern wurden auch andere Bildeigenschaften mit subjektiv empfundener Präferenz in Verbindung gebracht (Amirshahi, Koch, Denzler, & Redies, 2012; Braun, Amirshahi, Denzler, & Redies, 2013). Im Folgenden werden diejenigen globalen Bildeigenschaften genauer beschrieben, welche ich in meinen Studien im Rahmen meines Habilitationsvorhabens analysiert habe. Danach folgt eine Übersicht über den aktuellen Forschungsstand einiger ausgewählter Stimuli.

(A) Komplexität. Die Komplexität eines Bildes ist ein Maß für den Detailreichtum. Bilder mit hohen Komplexitätswerten haben die Eigenschaft, dass viele direkt nebeneinanderbefindlichen Strukturen eine stark unterschiedliche Helligkeit und/

oder einen stark unterschiedlichen Farbton aufweisen. Es gibt diverse Möglichkeiten, die Komplexität objektiv zu vermessen – beispielsweise durch den Vergleich der Größen von ZIP-gepackten Bilddateien (Forsythe, Nadal, Sheehy, Cela-Conde, & Sawey, 2011). In meinen eigenen Studien habe ich die Definition der Komplexität von Redies, Amirshahi, Koch, und Denzler (2012) übernommen und diese über einen MATLAB-Algorithmus mithilfe der HOG-Methode (Histogramm der orientierten Gradienten) berechnet (Braun et al., 2013). Entscheidend ist dabei die Stärke der Helligkeits- und Farbgradienten. Kommen in einem Bild relativ viele Kanten mit starken Helligkeits- oder Farbunterschieden vor, weist das Bild eine hohe HOG Komplexität auf (siehe Abbildung 2B).

(B) Anisotropie. Die Anisotropie ist ein Maß dafür, wie ungleichmäßig die Orientierung der Gradienten (bzw. Kanten) innerhalb eines bestimmten Bildes über das gesamte Spektrum der Orientierungen verteilt ist (siehe Abbildung 2C und 2E). Eine niedrige Anisotropie zeigt an, dass die Luminanzgradienten gleichmäßig über alle Orientierungen verteilt sind, d.h., dass alle Orientierungen im Bild gleichstark ausgeprägt sind. Dagegen steht eine hohe Anisotropie dafür, dass einige wenige oder eine einzige Orientierung der Gradienten innerhalb des Orientierungsspektrums stärker vertreten ist als andere. Auch für die Berechnung der Anisotropie habe ich in meinen Studien die HOG-Methode in MATLAB genutzt (Redies et al., 2012).

(C) Selbstähnlichkeit. Die Selbstähnlichkeit beschreibt die Eigenschaft eines Bildes, mit Teilen seiner selbst Ähnlichkeiten aufzuweisen. Wenn beispielsweise bei Vergrößerung oder Verkleinerung von Bildern – also Ein- bzw. Auszoomen – das Verhältnis von groben und feinen Strukturen gleich bleibt, spricht man von Skalierungsinvarianz. Diese spezielle Art von Selbstähnlichkeit, ermittelt über die schon beschriebene Fourier Transformation, findet sich in komplexen natürlichen Szenen (Redies, Hänisch, et al., 2007) und vielen Werken der bildende Kunst aus dem

westlichen und östlichen Kulturkreis (Graham & Field, 2007; Redies, 2007). Außerdem zeigen, wie bereits erläutert wurde, physiologische Studien, dass das visuelle System einen effizienten Code nutzt, um die statistischen Eigenschaften natürlicher Stimuli zu verarbeiten. Eine weitere Möglichkeit zur Bestimmung der Selbstähnlichkeit ist die sogenannte PHOG (Pyramidale Histogramme von orientierten Gradienten) Methode, welche zuerst von Bosch, Zisserman, und Munoz (2008) beschrieben wurde. Der Algorithmus basiert auf dem Vergleich der Histogramme zur Bestimmung der Anisotropie des Gesamtbildes mit kommensurablen Teilbildern. Hierfür wird das Gesamtbild in mehreren Schritten in vier (Level 1), sechzehn (Level 2) bzw. vierundsechzig (Level 3) gleich große rechteckige Teilbilder untergliedert. Für meine Studien habe ich in Anlehnung an Amirshahi et al. (2012) das Histogramm des Gesamtbildes (Level 0) gewichtet mit den vierundsechzig Histogrammen der dritten Stufe (Level 3) verglichen (siehe Abbildung 2D und 2E). Dies geschieht mithilfe eines MATLAB-Algorithmus. Aus dem Vergleich resultieren Werte zwischen 0 und 1, wobei 0 fehlende und 1 maximale Selbstähnlichkeit repräsentieren. Eine detaillierte Beschreibung der Methodik findet sich im Appendix von Braun et al. (2013).

Außer den drei beschriebenen Maßen (HOG Komplexität, HOG Anisotropie und PHOG Selbstähnlichkeit) habe ich in meinen Studien noch verschiedene Farbmaße (z.B. Helligkeit, Sättigung und Farbwert) bestimmt und mit subjektiven Bewertungen in Verbindung gebracht. Zudem wurden in einigen Studien das Seitenverhältnis und die sogenannte Drittelregel bestimmt. Die Drittelregel – also das Platzieren von wichtigen Bildobjekten auf den Kreuzungen der Drittellinien eines Bildes – ist zwar nicht mit Schönheitsbewertungen korreliert, wird aber häufig als kompositorisches Mittel von Fotografen und Künstlern eingesetzt (Amirshahi, Hayn-Leichsenring, Denzler, & Redies, 2014a; Mai, Le, Niu, & Liu, 2011) und wurde daher auch in die Untersuchungen einbezogen.

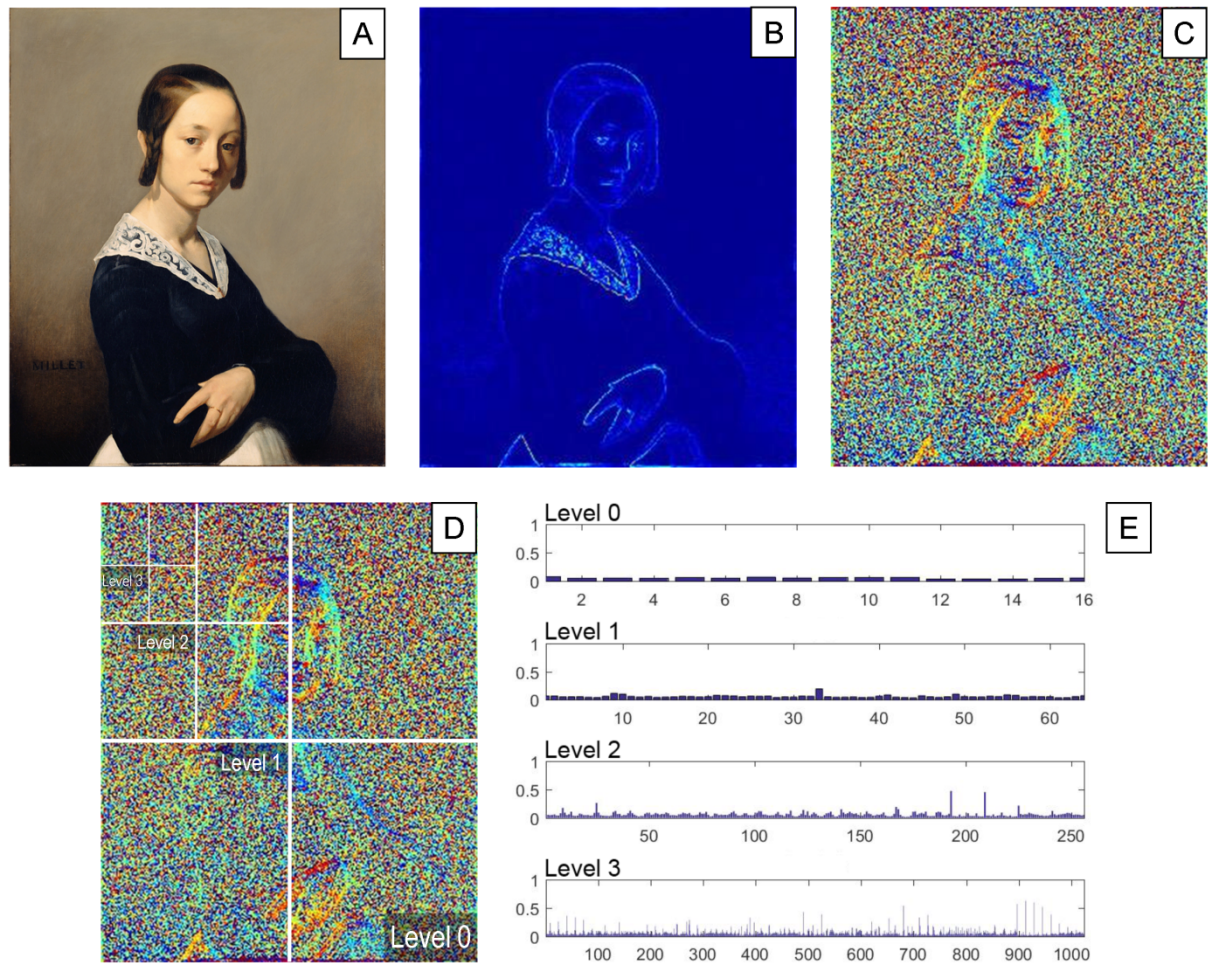


Abbildung 2: Visuelle Darstellung der HOG und PHOG Bildanalysen anhand eines Beispielbildes.

A: Jean-François Millet: Louise-Antoinette Feuardent (1841).

B: Pixelmaß für die HOG Komplexität. Hellere Pixel entsprechen stärkeren Helligkeitsgradienten benachbarter Pixel. Zur Berechnung der HOG Komplexität wird die Helligkeit des entstandenen Bildes ermittelt.

C: Pixelmaß für die HOG Anisotropie. Die Farben kodieren die Richtung der Gradienten (z.B. grün für vertikal verlaufende Gradienten und blau für horizontale Gradienten). Die HOG Anisotropie ist ein Maß für die Verteilung der Gradientenorientierungen (siehe E, Level 0).

D: Schematische Darstellung der Untergliederung des Bildes zur Berechnung der PHOG Selbstähnlichkeit.

E: Histogramme zur Orientierung der Gradienten. Das volle Spektrum der Orientierung wurde in 16 Winkelbereiche (in Bins á 22.5 Grad) unterteilt (x-Achse). Die Höhe der einzelnen Säulen ist ein Maß für die Häufigkeit des Vorkommens der Gradientenorientierung für den jeweiligen Winkelbereich (y-Achse). Level 0 entspricht dem Gesamtbild und ist für die Berechnung der HOG Anisotropie ausschlaggebend. Level 1 entspricht der Untergliederung in 4 Teilbilder ( $4 \times 16 = 64$  Bins), Level 2 der Untergliederung in 16 Teilbilder ( $16 \times 16 = 256$  Bins) und Level 3 der Untergliederung in 64 Teilbilder ( $64 \times 16 = 1024$  Bins). Zur Berechnung der PHOG Selbstähnlichkeit werden die entstehenden Histogramme (Level 0 und Level 3) miteinander verglichen (Amirshahi et al., 2012).

Auf dem Gebiet der empirischen Ästhetik werden verschiedene Arten von (ästhetischen) Stimuli untersucht. Der Fokus meiner eigenen Forschung liegt auf der Untersuchung von Gesichtsfotos und Bildern von (abstrakten) Kunstwerken. Der aktuelle Forschungsstand bezüglich dieser Stimuli soll an dieser Stelle kurz dargestellt werden.

## **1.2 Attraktivität von Gesichtern**

Menschliche Gesichter sind wichtige visuelle Stimuli. Sie werden nicht nur dazu genutzt, die jeweilige Identität von bekannten Personen zu identifizieren, sondern auch um identitätsunabhängige Informationen effizient und relativ zuverlässig abzuleiten. Dazu gehören beispielsweise das Geschlecht, das Alter, die ethnische Zugehörigkeit und das emotionale Befinden der wahrgenommenen Person (Eimer & Holmes, 2002; Fellous, 1997; Lu, Chen, & Jain, 2006; Wilhelm, Bohme, & Gross, 2005). Eine erfolgreiche Interpretation der gewonnenen Informationen hilft, in den diversen sozialen Situationen des Alltagslebens adäquat zu reagieren. Neben diesen – eher objektiven – Entscheidungen über soziale Kategorien, wird auch die Attraktivität eines Gesichtes automatisch bewertet (Cellerino, 2003).

Die Attraktivitätsbewertung ist zumindest teilweise subjektiv und basiert auf individuellen Präferenzen des Betrachters (Hönekopp, 2006). Allerdings gibt es verschiedene Studien, welche zeigen, dass Attraktivitätsbewertungen zwischen verschiedenen Beobachtern und sogar verschiedenen Kulturen auffallend konsistent sind (Cunningham, Roberts, Wu, Barbee, & Druen, 1995; Langlois et al., 2000; Rhodes, Yoshikawa, et al., 2001). Die hohe Übereinstimmung der Bewertungen deutet darauf hin, dass es gewisse objektive Kriterien gibt, welche die Wahrnehmung und Bewertung der Attraktivität von Gesichtern beeinflussen. Hier muss zwischen morphologischen Eigenschaften und globalen (niederen/low-level) Eigenschaften unterschieden werden. Zunächst sollen kurz die morphologischen Eigenschaften besprochen werden.

Eine oft analysierte morphologische Eigenschaft von Gesichtern ist die Symmetrie. Je symmetrischer ein Gesicht auf der vertikalen Achse ist, umso höher ist seine (subjektiv bewertete) Attraktivität (Little, Apicella, & Marlowe, 2007; Rhodes, Carey, Byatt, & Proffitt, 1998; Rhodes & Jeffery, 2006). Außerdem wurde die Durchschnittlichkeit (oder Prototypikalität) von Gesichtern als Prädiktor für eine höhere Attraktivität bestimmt (Baudouin & Tiberghien, 2004; Langlois & Roggman, 1990; Rhodes & Tremewan, 1996; Rhodes, Yoshikawa, et al., 2001; Rubenstein, Kalakanis, & Langlois, 1999; Valentine, Darling, & Donnelly, 2004). Dieser eigentlich kontraintuitive positive Zusammenhang zwischen Durchschnittlichkeit und Attraktivität wird dadurch erklärt, dass durchschnittliche Gesichter einen hohen Grad von genetischer Heterogenität repräsentieren und damit als Indikator für Gesundheit und genetische Fitness fungieren (Rhodes, Yoshikawa, et al., 2001; Rhodes, Zebrowitz, et al., 2001). Zusätzlich werden Attraktivitätsbewertungen auch von sekundären fazialen Geschlechtsmerkmalen beeinflusst. Feminine weibliche Gesichter und maskuline männliche Gesichter werden im Vergleich mit weniger geschlechtsdimorphen Gesichtern als attraktiver eingeschätzt (Baudouin & Tiberghien, 2004; Rhodes, Hickford, & Jeffery, 2000; Russell, 2009). Auch diese Korrelation könnte auf biologischen Mechanismen beruhen. Eine hohe Konzentration der Geschlechtshormone Östrogen (weiblich) und Testosteron (männlich) geht mit einer erhöhten Fruchtbarkeit einher und führt zu phänotypischen geschlechtsspezifischen Charakteristiken wie vollen Lippen bei Frauen und einer prominenten Kinnlinie bei Männern (Jones et al., 2005). Weibliche Beobachter zeigen eine deutlich höhere Präferenz für besonders männliche Gesichter, wenn sie sich in der fruchtbaren Phase ihres Zyklus befinden (Penton-Voak & Perrett, 2000).

Um den Einfluss der morphologischen Eigenschaften von Gesichtern zu illustrieren, wurde ein Modell entwickelt, um die Attraktivitätsbewertung von



Gesichtern vorauszusagen (Bronstad, Langlois, & Russell, 2008). Dieses Modell beruht unter anderem auf der Analyse der eben beschriebenen morphologischen Gesichtseigenschaften.

Attraktivitätsbewertungen von Gesichtern werden zudem durch globale Bildeigenschaften beeinflusst. Dies sind beispielsweise Hautfarbe und Hauttextur (Fink, Grammer, & Matts, 2006; Fink, Grammer, & Thornhill, 2001; Jones, Little, Burt, & Perrett, 2004; Stephen, Oldham, Perrett, & Barton, 2012). Für weibliche Gesichter wurde gezeigt, dass ein verstärkter Kontrast (der durch Bildmanipulation, aber auch durch Make-up erzeugt werden kann) zu einer höheren Attraktivität führt (Russell, 2003). Da, wie bereits erläutert wurde, das visuelle System des Menschen wahrscheinlich evolutionär auf bestimmte Bildeigenschaften adaptiert wurde, war zu vermuten, dass auch die Bewertung der Attraktivität von Gesichtern teilweise von globalen Bildeigenschaften (wie dem spektralen Anstieg) abhängt. In einer EEG-Studie wurde gezeigt, dass eine Erhöhung der Stärke von niedrigen Raumfrequenzen (repräsentiert durch einen steileren Anstieg im eindimensionalen Fourier-Intensitäts-Spektrum) zu einem verschlechterten Gesichtslernen führte, während eine Erhöhung der Stärke von hohen Raumfrequenzen (flacherer Anstieg, ähnlich Bildern von Landschaften) eine Förderung der neuronalen Korrelate des Gesichtslernens zur Folge hatte (Blickhan, Kaufmann, Denzler, Schweinberger, & Redies, 2011). Außerdem wurde gezeigt, dass Bilder mit einem skaleninvarianten eindimensionalen Fourier-Intensitäts-Spektrum effizienter vom visuellen System verarbeitet werden (Parraga et al., 2000; Tadmor & Tolhurst, 1994). Bisher wurde der Einfluss von globalen Bildeigenschaften auf die Attraktivitätsbewertung von Gesichtern noch nicht untersucht. Es ist jedoch denkbar, dass die ästhetische Bewertung der Attraktivität von Gesichtern beispielsweise mit einer effizienten Kodierung von skaleninvarianten Bildern korreliert. Eine ähnliche Idee findet sich auch in den Arbeiten von Reber und

Kollegen, die annehmen, dass ästhetische Wahrnehmung und eine damit verbundene positive Bewertung generell auf der flüssigen Verarbeitung („fluent processing“) von Informationen im Gehirn basiert (Reber, Schwarz, & Winkielman, 2004).

Die Mechanismen der Wahrnehmung und Attraktivitätsbewertung von Gesichtern werden mithilfe diverser psychologischer Methoden untersucht. Dabei ist unter anderem die Untersuchung des Wahrnehmungskontrastes („perceptual contrast“) interessant. Dieser beschreibt die Änderung der Bewertungen von Stimuli in die Gegenrichtung der Bewertungen vorangegangener Stimuli (Baccus & Meister, 2004). Es existieren verschiedene Ansätze für die Erklärung dieses Effektes. Die überzeugendste und am häufigsten verwendete ist das Auftreten visueller Gewöhnungsprozesse (Adaptation). Diese Adaptationsprozesse treten in verschiedenen Domänen auf und sind relativ zahlreich (Webster, 2001). Experimentell werden sie genutzt, um die perzeptiven Mechanismen auf niedrigen Stufen der visuellen Verarbeitung – beispielsweise für Helligkeit, Kontrast (Chen, Zhou, Gong, & Liang, 2005), Farbe und Bewegung (Antal et al., 2004) – zu untersuchen. Der Begriff *Adaptation* bezieht sich dabei auf die neuronale Antwort auf verlängerte Exposition eines spezifischen Stimulusmerkmals. Es tritt eine ständige Rekalibrierung des visuellen Systems basierend auf den Stimuluseigenschaften der aktuellen Umgebung auf.

Adaptation ist auch für die Gesichterwahrnehmung bedeutend. Webster und MacLin (1999) zeigten, dass eine Adaption auf verzerrte Gesichter stattfindet. Die Probanden bewerteten nicht-verzerrte Gesichter nach der Exposition mit verzerrten Gesichtern als in die Gegenrichtung verzerrt (gestaucht bzw. verlängert). Diese Art von Adaptationseffekten wurden auch für Gesichtsidentität (Nishimura, Maurer, Jeffery, Pellicano, & Rhodes, 2008; Rhodes & Jeffery, 2006), Alter (Schweinberger et al., 2010), emotionalen Ausdruck, Geschlecht und Ethnizität (Webster, Kaping, Mizokami,

& Duhamel, 2004) beschrieben. Es stellte sich für mich die Frage, ob solche Adaptationseffekte auch für Attraktivität zu finden sind. Frühere Studien hatten gezeigt, dass nach einer Exposition mit stark gestauchten Gesichtern leicht gestauchte Gesichter nicht nur als *normaler* (Rhodes, Jeffery, Watson, Clifford, & Nakayama, 2003; Webster & MacLin, 1999), sondern auch als *attraktiver* (Rhodes & Jeffery, 2006) eingeschätzt wurden. Der gleiche Effekt tritt auch für Gesichter mit systematischen Asymmetrien auf (Rhodes, Louw, & Evangelista, 2009). Das deutete darauf hin, dass auch Attraktivität einer Adaptation unterworfen sein könnte.

Aufgrund des dargelegten Forschungsstandes führte ich diverse Experimente zur Attraktivität von Gesichtern durch. Diese umfassten vor allem die Verbindung von Attraktivität mit globalen Bildeigenschaften und mit dem Wahrnehmungskontrast. Die Ergebnisse werden in Abschnitt 2.1. vorgestellt.

### **1.3 Bewertung abstrakter Kunstwerke**

Die Bewertung von Schönheit in Kunstwerken hängt zu einem großen Teil von kulturellen Normen und Expertise ab (Leder, Belke, Oeberst, & Augustin, 2004). In einem Modell schlägt Redies (2015) vor, dass es zwei verschiedene neuronale Verarbeitungswege für Kunst gibt. Diese sind zum einen die kognitive Verarbeitung der ästhetischen Erfahrung („cognitive processing“) und zum anderen die perzeptuelle Verarbeitung der ästhetischen Erfahrung („perceptual processing“). Beide Verarbeitungen finden zeitlich parallel statt und interagierten miteinander. Die kognitive Verarbeitung sei – folgt man dem Modell von Redies – der Hauptgrund dafür, dass es individuelle Unterschiede in Kunstbewertungen gibt, da sie von persönlichem Vorwissen und Vorlieben abhängen. Dagegen hänge die perzeptuelle Verarbeitung von globalen Bildeigenschaften (Graham & Redies, 2010) ab und sei bei allen Menschen ähnlich. Zunächst soll der Fokus auf der kognitiven Verarbeitung liegen; die perzeptuelle Verarbeitung wird anschließend besprochen.

Es konnte gezeigt werden, dass sich die individuellen Schönheitsbewertungen innerhalb von großen Gruppen stark unterscheiden können (Jacobsen, 2004). Dabei stellt sich naturgemäß die Frage, was die Gründe für diese interindividuellen Unterschiede sind. Wenn es sich bei den bewerteten Stimuli um Werke abstrakter Kunst handelt, ist diese Frage besonders interessant. Abstrakte Kunstwerke besitzen *per definitionem* keine semantischen Inhalte, welche aufgrund individueller Lebenserfahrungen und persönlicher Vorlieben für spezifische Objekte die Ursache interindividueller Bewertungsunterschiede sein können. Die Faktoren Expertise (Aluja, Garcia, & Garcia, 2004; Leder, Ring, & Dressler, 2013) und vorher gegebene Informationen über den Stil (Belke, Leder, & Augustin, 2006) können die Bewertung abstrakter Kunst jedoch beeinflussen.

Aktuelle Untersuchungen im Bereich der empirischen Ästhetik legen nahe, dass auch die perzeptuelle Verarbeitung von Kunstwerken eine hohe Relevanz besitzt. Statistische Bildeigenschaften stehen demnach mit der Bewertung visueller Kunstwerke in Beziehung. Besonders globale Bildeigenschaften wurden mithilfe computergesteuerter Algorithmen untersucht (Graham & Redies, 2010; Hoenig, 2005). Es ist auffallend, dass Kunstwerke und andere ästhetische Bilder einen spektralen Anstieg von ca. -2 aufweisen (Abbildung 1), was dem Anstieg von Fotos natürlicher Landschaften entspricht (Graham & Field, 2007; Redies, 2007). Dies ist besonders überraschend, wenn – wie bei Portraits – die Originalobjekte andere Eigenschaften aufweisen (Redies, Hänisch, et al., 2007). Es scheint also so zu sein, dass das Bildobjekt (also der abgebildete Gegenstand) für die Fourier-Eigenschaften des Gemäldes eine eher untergeordnete Rolle spielt. Selbst wenn es – wie in abstrakten Kunstwerken – überhaupt kein Bildobjekt gibt, werden manchmal skalierungsinvariante Bilder vom Künstler erzeugt.

Im Jahr 1999 veröffentlichten Richard Taylor und Kollegen einen Artikel in der Zeitschrift *Nature*. In diesem Artikel beschrieben sie die statistischen Eigenschaften der so genannten abstrakten Drip Paintings des amerikanischen Künstlers Jackson Pollock (1912-1956, ein Vertreter des amerikanischen Abstrakten Expressionismus). Interessanterweise sind diese Drip Paintings fraktal aufgebaut (Taylor, Micolich, & Jonas, 1999) und eine Fourier-Analyse resultiert in einer Gerade mit einem spektralen Anstieg von ca.  $-2$  (Alvarez-Ramirez, Ibarra-Valdez, Rodriguez, & Dagdug, 2008). Natürlich weisen bei weitem nicht alle abstrakten Gemälde diese spezielle Eigenschaft auf. Es ist jedoch ein sehr interessanter Befund, dass Jackson Pollock ohne eine realweltliche Vorlage Gemälde mit den Eigenschaften von Bildern natürlicher Szenen erstellt hat. Künstler erzeugen demnach Bilder mit den Fourier-Eigenschaften von Fotos natürlicher Landschaften, ganz gleich ob es sich um Abbildungen von Objekten (Landschaften, Stilleben oder Gesichter) handelt, oder ob es abstrakte Gemälde sind. Es scheint demnach so zu sein, dass Künstler explizit oder implizit bestimmten Regeln bei der Erstellung visueller Werke folgen, was dazu führt, dass diese Werke ähnliche Fourier-Eigenschaften wie Landschaften haben (Redies, 2007). Beide Arten von Bildern sind skalierungsinvariant. Der Grund dafür, dass Künstler skalierungsinvariante Bilder erstellen, so wurde von Graham und Redies argumentiert, läge in der effizienten Kodierung dieser Bilder (Graham & Redies, 2010). Es entstand die Hypothese, dass das Gestalten von skalierungsinvarianten Bildern durch Künstler seinen Ursprung in der evolutionären Anpassung des menschlichen Sehsystems auf die Verarbeitung von skalierungsinvarianten – und damit effizient zu verarbeitenden – Strukturen hat (Redies, 2007). Die Rezeption wirkt demnach auf die künstlerische Produktion.

Aber auch andere globale Bildeigenschaften können mit der Schönheit von Bildern in Verbindung gebracht werden. Daniel Berlyne (1974) postulierte, dass eine mittlere Komplexität einen höheren ästhetischen Reiz ausübt, als eine niedrige oder

hohe Komplexität (Nadal, 2007). In jüngerer Zeit haben verschiedene Studien den Einfluss der Komplexität auf die Schönheitswahrnehmung untersucht (Forsythe et al., 2011; Jacobsen & Höfel, 2002; Rigau, Feixas, & Sbert, 2008) und gezeigt, dass es deutliche inter-individuelle Unterschiede gibt (Güclütürk, Jacobs, & van Lier, 2016). Bezüglich der PHOG Selbstähnlichkeit wurde dargelegt, dass Museumsbilder im Vergleich mit anderen Bildkategorien einen relativ hohen Grad an Selbstähnlichkeit aufweisen (Amirshahi, Denzler, & Redies, 2013; Amirshahi et al., 2012; Redies et al., 2012).

Besonders in der modernen Kunst ist die Schönheit des Kunstwerkes nicht immer das zentrale Element des künstlerischen Ausdrucks. Stattdessen können andere Charakteristiken des Werkes im Mittelpunkt stehen. Eine dadurch entstehende große Schwierigkeit bei der Bewertung und Beschreibung von Kunstwerken ist die unklare Terminologie. Beispielsweise ist es möglich, dass unterschiedliche Menschen unterschiedliche Dinge mit den Begriffen *schön*, *ästhetisch*, *schockierend* und *interessant* verbinden. Aus diesem Grund haben sich verschiedene Forschungsansätze in der experimentellen Ästhetik etabliert, welche der Terminologie besondere Aufmerksamkeit schenken. Zum einen wird die Methode der freien Bildbeschreibung eingesetzt. Beispielsweise wurden Probanden in einer Studie zu Augenbewegungen gebeten, Kunstwerke mit ihren eigenen Worten zu beschreiben (Locher, Krupinski, Mello-Thoms, & Nodine, 2007). Die verwendeten Begriffe wurden hernach kategorisiert und analysiert. Durch die Vielfalt der Begriffe besteht bei diesem Ansatz jedoch ein Problem mit der Vergleichbarkeit der Bewertungen. Eine andere Methode besteht darin, den Probanden feste Begriffe vorzugeben. Markovic (2010) erstellte eine Liste von 31 Adjektiven, welche in so genannte *ästhetische Adjektive* (z.B. *faszinierend*, *tiefsinnig*, etc.) und *affektive Adjektive* (z.B. *traurig*, *entzückend*, etc.) unterteilt wurden.

Er fand in den durchgeführten Experimenten keine Korrelation zwischen ästhetischen und affektiven Adjektiven.

Um die Kommunikation über Kunstwerke zu vereinheitlichen, wurde versucht, eine universale und effektive Sprache der Ästhetik in der visuellen Domäne zu generieren. Augustin, Wagemans, und Carbon (2012) beauftragten Probanden damit, ästhetische Begriffe für verschiedene Kategorien (z.B. visuelle Kunst, Strukturen, Architektur, etc.) aufzulisten. In der Kategorie „visuelle Kunst“ waren *schön*, *hässlich*, *bunt* und *abstrakt* die am häufigsten genannten Begriffe. Mit dieser Studie wurde zwar herausgearbeitet, welche Begriffe Menschen mit der jeweiligen visuellen Domäne verbinden, es bleibt allerdings unklar, ob sie mit den jeweiligen Begriffen das Gleiche meinen. In einer anderen Studie wurden von Probanden generierte Begriffe genutzt, um daraus Skalen für die Bewertung von gegenständlichen Gemälden zu erstellen (Markovic & Radonjic, 2008). In dieser Studie wurden Korrelationen zwischen *impliziten* (subjektiv empfundene) und *expliziten* (objektiv beschreibende) Begriffen gefunden.

In meinen Arbeiten verfolgte ich zwei unterschiedliche Ansätze. In einigen Studien wurden den Probanden Begriffe mit klaren Definitionen vorgegeben (Hayn-Leichsenring, Lehmann, & Redies, 2017; Mallon, Redies, & Hayn-Leichsenring, 2014), in einer anderen Studie durften Probanden entscheiden, welche Begriffe sie verwenden und diese wurden dann – analog zur Studie von Markovic und Radonjic (2008) – *post hoc* analysiert und zur Erstellung von Bewertungsskalen genutzt (Lyssenko, Redies, & Hayn-Leichsenring, 2016).

Die bisherige Forschungslage zeigt eine Verbindung von globalen Bildeigenschaften mit der Verarbeitung, Bewertung und Beschreibung von Bildern. Mithilfe diverser (psychologischer, informatischer, neurowissenschaftlicher und philosophischer) Ansätze habe ich die Art dieser Verbindung genauer analysiert. Die

Ergebnisse meiner Forschungstätigkeit im Bereich der experimentellen Ästhetik werden im zweiten Abschnitt übersichtsweise zusammengefasst.



## **2. Kurze Darstellung der wichtigsten Ergebnisse und Einordnung in das wissenschaftliche Umfeld**

### **2.1 Gesichtsforschung**

Frühere Studien zeigten verschiedene Adaptationseffekte für Gesichter (Nishimura et al., 2008; Rhodes & Jeffery, 2006; Schweinberger et al., 2010; Webster et al., 2004; Webster & MacLin, 1999). Dabei wurden allerdings stets entweder manipulierte (verzerrte) Gesichter gezeigt, oder die Adaptation bezog sich auf identitätsbezogene Eigenschaften (z.B. Alter, Geschlecht). In unserer Gruppe konnte hingegen zum ersten Mal bei Gesichtern ein Adaptationseffekt auf Attraktivität – also in einer ästhetischen Kategorie – nachgewiesen werden (Hayn-Leichsenring, Kloth, Schweinberger, & Redies, 2013). Interessanterweise treten die gezeigten adaptiven Nacheffekte nicht nur bei Fotos, sondern auch bei Kunstportraits (in diesem Falle Zeichnungen) auf (Abbildung 3A und 3B). In einer bisher nicht veröffentlichten Studie (Schulz & Hayn-Leichsenring, eingereicht) fanden wir die gleichen Effekte auch für Bilder von Portraitölgemälden (Abbildung 3E). Es konnte auch gezeigt werden, dass der Effekt domänenspezifisch ist, dass es also nach Exposition mit attraktiven Gesichtern auf Kunstzeichnungen keinen Effekt auf die Attraktivität von Gesichtern auf Fotos gab. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass der Effekt aufgrund der verschiedenen Abbildungsarten und den damit verbundenen großen Unterschieden der globalen Bildeigenschaften ausblieb. Aus diesem Grund stellten wir uns die Frage, inwieweit globale Bildeigenschaften für die Attraktivitätsbewertung von Gesichtern relevant sind. Da, wie schon beschrieben wurde, der spektrale Anstieg im eindimensionalen Fourier-Intensitäts-Spektrum bei Gesichterfotos steiler ist als in Naturfotos (und Kunstgemälden), entstand die Hypothese, dass ein flacherer Anstieg zu einer höheren Attraktivitätsbewertung führt. Zum Test diese Hypothese, wurden diverse Experimente durchgeführt (Menzel, Hayn-Leichsenring, Langner, Wiese, & Redies, 2015).

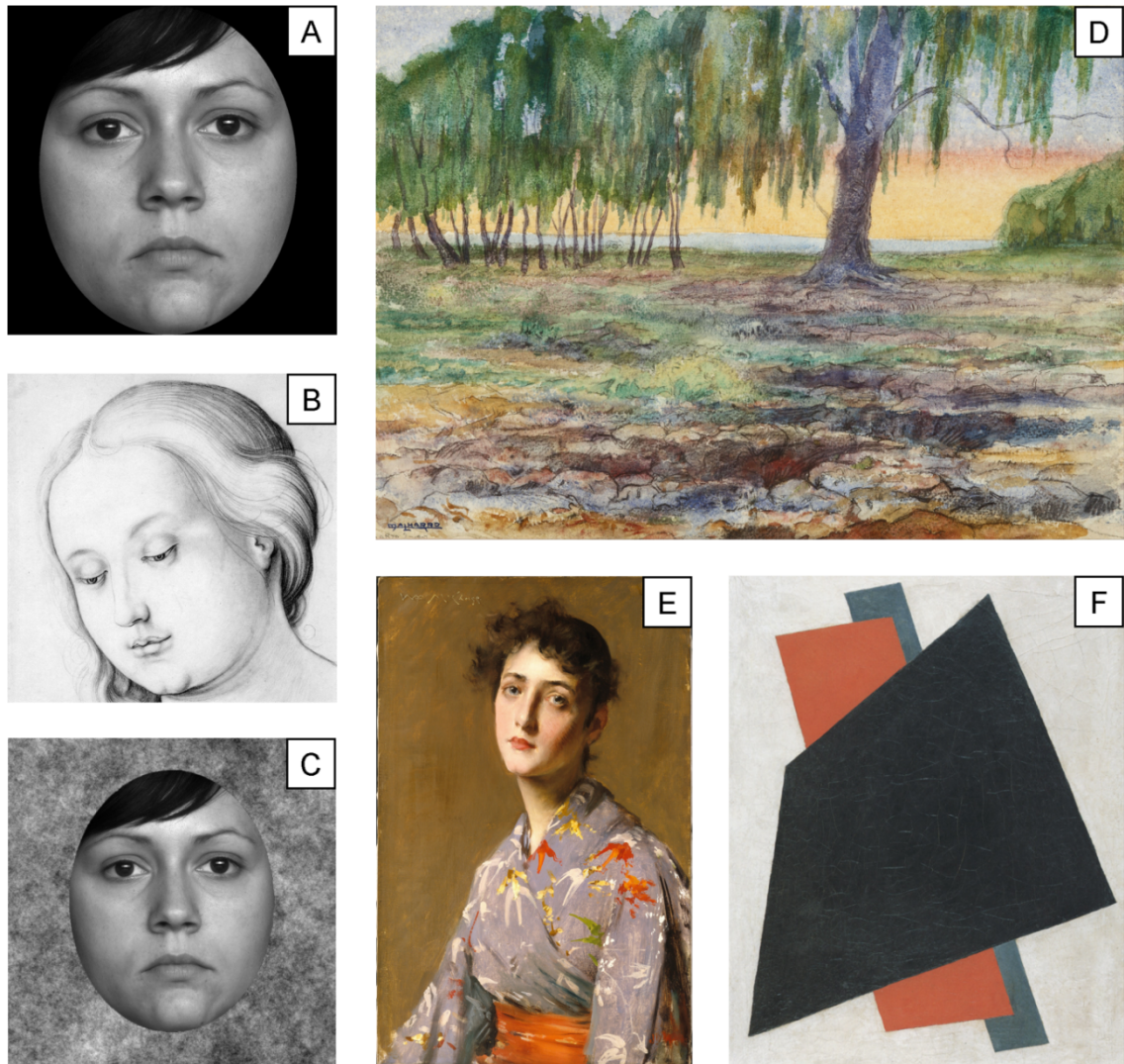


Abbildung 3: Beispielbilder für die in den diversen Experimenten verwendeten Stimuli.

A: Bild aus der FACES Gesichterdatenbank (Ebner, Riediger, & Lindenberger, 2010), verwendet in Hayn-Leichsenring et al. (2013), Menzel et al. (2015) und Menzel, Hayn-Leichsenring, Redies, Németh, und Kovács (2017).

B: Hans Baldung: Portrait eines jungen Mädchens (ca. 1509), verwendet in Hayn-Leichsenring et al. (2013).

C: Bild aus der FACES Gesichterdatenbank vor einem Fourierrauschmuster-Hintergrund (Anstieg -2), in dieser Modifikation verwendet in Menzel et al. (2015) und Menzel et al. (2017).

D: Martin Malharro: Pasaje (1907), Beispielbild aus der JenAesthetics Datenbank, verwendet in Amirshahi, Hayn-Leichsenring, Denzler, und Redies (2014b) und Hayn-Leichsenring et al. (2017).

E: William Merritt Chase: Girl In A Japanese Kimono (1931), Beispielbild aus der JenAesthetics Datenbank, verwendet in Amirshahi et al. (2014b), Hayn-Leichsenring et al. (2017) und Schulz und Hayn-Leichsenring (eingereicht).

F: Ljubow Sergejewna Popowa: Malerische Architektonik (1916), verwendet in Mallon et al. (2014) und (Lyssenko et al., 2016).

Im ersten Experiment waren die Resultate eher kontraintuitiv. Tatsächlich zeigten die Ergebnisse das Gegenteil der Voraussage: Gesichter auf Bildern mit einem flacheren Anstieg wurden als unattraktiver eingeschätzt (Menzel et al., 2015). Dieses Ergebnis lässt sich dadurch begründen, dass ältere Menschen im Durchschnitt als weniger attraktiv eingeschätzt werden, Gesichter von älteren Menschen aber auch eine höhere Intensität der feinen Strukturen (Hautunebenheiten, Altersflecken, usw.) besitzen, was zu einem steilen Anstieg im eindimensionalen Fourier-Intensitäts-Spektrum führt. Nachdem das Alter der abgebildeten Person als Co-Faktor mit einbezogen wurde, verschwand der Effekt völlig. Um den Effekt der morphologischen Gesichtereigenschaften auf das Attraktivitätsrating zu minimieren, führten wir zwei Nachfolgeexperimente durch. In diesen wurde der spektrale Anstieg systematisch modifiziert. Im ersten Experiment sollten die Probanden von zwei Gesichtern das attraktivere auswählen, wobei der spektrale Anstieg der Gesichtsfotos in den meisten Bildern artifiziell verändert worden war. Im zweiten Experiment konnten die Probanden interaktiv den spektralen Anstieg selbst manipulieren und auf die höchstmögliche Attraktivität einstellen. Beide Experimente zeigten eine Präferenz für einen im Vergleich zum Originalbild etwas flacheren Anstieg (Menzel et al., 2015). Menschen präferieren also Gesichter, deren statistische Bildeigenschaften in Richtung von Landschaftsfotos manipuliert werden.

Sogar wenn der Hintergrund des Gesichtes manipuliert wird und das bewertete Gesichtsfoto absolut identisch bleibt (Abbildung 3C), hat das eine Auswirkung auf die subjektiv empfundene Attraktivität. Gesichter vor randomisierten Fourierrauschmustern mit natürlichen spektralen Anstiegen (-3 oder -2) werden als attraktiver bewertet (Menzel et al., 2015). Dies ist besonders überraschend, da EEG-Studien gezeigt haben, dass die Implementation von Rauschen normalerweise zu einer schlechteren Verarbeitung von Gesichtern führt (Rousselet, Pernet, Bennett, & Sekuler, 2008;

Schneider, DeLong, & Busey, 2007). Um unsere Ergebnisse zu bestätigen führten wir daher selbst eine EEG-Studie durch und konnten zeigen, dass Fourierrauschmuster im Hintergrund von Gesichtsfotos die Amplitude der gesichtsspezifischen N170-Welle reduzieren. Das weist auf eine weniger intensive Gesichterverarbeitung hin. Hingegen führte eine Adaptation (also die vorherige Exposition mit Fourierrauschmustern) zu einer niedrigeren P1-Welle und zu einer erhöhten N170-Welle. Insgesamt hatte die Größe des spektralen Anstiegs der Fourierrauschmuster stets einen Einfluss auf die P1-, N170- und P2-Welle (Menzel et al., 2017).

Zusammenfassend wurden mithilfe von Verhaltensexperimenten ein Einfluss von globalen Bildeigenschaften auf die Attraktivitätsbewertung und mithilfe von EEG-Experimenten ein Einfluss von globalen Bildeigenschaften auf die generelle Gesichterverarbeitung gezeigt. Andere Forschergruppen haben zudem gezeigt, dass globale Bildeigenschaften auch mit der dargestellten Emotion in Gesichtsfotografie in Verbindung stehen (De Cesarei & Codispoti, 2013). Demnach werden für die Detektierung der Emotion von den Betrachtern je nach Emotion unterschiedliche spektrale Frequenzen genutzt (Smith & Schyns, 2009; Vuilleumier, Armony, Driver, & Dolan, 2003). Daher stellten wir uns die Frage, ob sich Verteilung der spektralen Frequenzen zwischen Gesichtern mit unterschiedlichen Emotionen unterscheidet. Wir analysierten zu diesem Zweck drei bekannte und oft genutzte Gesichterdatenbanken nach Unterschieden von globalen Bildeigenschaften für spezifische Emotionen der Gesichter. Dabei untersuchten wir nicht nur die spektralen Frequenzen, sondern auch die anderen mit ästhetischer Wahrnehmung assoziierten Bildeigenschaften. Es konnte gezeigt werden, dass die analysierten Bildeigenschaften innerhalb der untersuchten Datenbanken variieren, dass aber das Muster der Variation über die drei Datenbanken sehr ähnlich ist. Beispielsweise weisen glückliche Gesichter den flachsten spektralen Anstieg auf (besitzen also relativ mehr hohe Frequenzen) und sind – gemeinsam mit

angeekelten Gesichtern – gemessen mit der PHOG-Methode am selbstähnlichsten (Menzel, Redies, & Hayn-Leichsenring, eingereicht).

Um die Ergebnisse experimentell zu untermauern, führten wir eine Studie durch, in welcher das Helligkeits-Histogramm und der spektrale Anstieg im eindimensionalen Fourier-Intensitäts-Spektrum von Gesichtsfotos mit zwei unterschiedlichen Emotionen (*ängstlich* und *wütend*) angeglichen wurden. Im Vergleich mit nicht-manipulierten Gesichtsfotos konnten die Probanden die Emotion von diesen angepassten Gesichtsfotos signifikant schlechter differenzieren (Menzel et al., eingereicht). Demnach beeinflussen globale Bildeigenschaften nicht nur die Attraktivitätsbewertung, sondern spielen auch bei der frühen Verarbeitung der wahrgenommenen Emotionen eine wichtige Rolle. Dieser Umstand sollte in Zukunft in Experimenten zur emotionalen Verarbeitungen von Gesichtsfotos berücksichtigt werden.

In meinen Untersuchungen konnte ich nachweisen, dass bestimmte globale Bildeigenschaften für die Verarbeitung und Bewertung von Gesichtern relevant sind. Genauer gesagt, konnte gezeigt werden, dass nicht nur – wie bereits bekannt war – Kontrast und Helligkeit, sondern auch andere globale Bildeigenschaften – im Speziellen der spektrale Anstieg im eindimensionalen Fourier-Intensitäts-Spektrum – die Bewertung der Attraktivität von Gesichtern beeinflussen. Zudem fanden wir einen domänenspezifischen Adaptationseffekt auf Gesichterattraktivität. Dieser kommt nicht nur bei Gesichtsfotos, sondern auch bei Kunstzeichnungen und -gemälden von Gesichtern vor. Es gibt, *summa summarum*, demnach zwei von unserer Gruppe originär beschriebene Möglichkeiten, die Attraktivität von Gesichtern auf Fotos zu erhöhen: (1) Die Modifikation des spektralen Anstiegs in Richtung von Fotos natürlicher Landschaften, (2) die vorherige Exposition mit weniger attraktiven Gesichtern.

Interessanterweise wurde bei Kunstzeichnungen auch eine Adaptation auf Schönheit nachgewiesen (Hayn-Leichsenring et al., 2013). Hier ist zu erwähnen, dass

die Attraktivität eine Eigenschaft des Bildobjektes (also der abgebildeten Person) ist, während die Schönheit sich auf die Darstellungsweise (Komposition, Stil, Farbgebung, etc.) bezieht. Im folgenden Abschnitt soll zunächst die Unterscheidung zwischen Schönheit und Attraktivität vertieft werden. Danach folgt ein Bericht über die Ergebnisse meiner Arbeitsgruppe mit Bezug zur abstrakten Kunst.

## **2.2 Forschungen zur abstrakten Kunst**

Wie schon angedeutet wurde, ist die Verwendung von bestimmten Begriffen innerhalb der empirischen Ästhetik oft umstritten. Tatsächlich gibt es noch immer keine anerkannte Differenzierung zwischen den Begriffen *Attraktivität* und *Schönheit*. In meiner Forschung habe ich mich an einer traditionellen Definierung dieser Begriffe orientiert, die sich beispielsweise auf Immanuel Kant zurückführen lässt (Kant, 1790). Nach dieser Definition ist Attraktivität immer mit einem Interesse am Gegenstand verbunden. Man findet beispielsweise eine Person attraktiv, weil man sie sexuell begehrt. Auch eine Landschaft kann attraktiv sein, wenn sie bestimmte praktische Eigenschaften aufweist (einen Fluss als Wasservorrat, einen Wald als Versteckmöglichkeit, etc.). Dagegen ist Schönheit interessenunabhängig. Man verbindet keinen praktischen Nutzen mit einem schönen Objekt; stattdessen möchte man es einfach nur wahrnehmen bzw. in der Wahrnehmungssituation verweilen.

Abstrakte Kunst ist durch ihre fehlende Referenz auf realweltliche Objekte definiert. Dadurch entsteht eine Unabhängigkeit von Semantik. Ein mögliches Interesse am Bildobjekt wird eliminiert, was die wissenschaftliche Untersuchung der Wirkung der Kunstwerke erleichtert, da persönliche Vorlieben in die Bewertung weniger stark einfließen. Aufgrund dieses Vorteils habe ich meine Forschung hauptsächlich auf abstrakte Kunst ausgerichtet.

Es gibt zwei Ansätze, um Kunst – und in diesem Fall speziell abstrakte Kunst – zu untersuchen. Der eine Ansatz bezieht sich auf die Kunstproduktion, der andere auf

die Kunstrezeption. Während sich ersterer definitionsgemäß mit Künstlern und deren Techniken zur Erzeugung von Kunstwerken beschäftigt, wird im zweiten untersucht, was im Beobachter vorgeht, wenn dieser mit einem Kunstwerk konfrontiert wird. In meiner Forschung habe ich beide Ansätze verfolgt. Der Auslöser für meine Forschungstätigkeit im Bereich der empirischen Ästhetik war ein Artikel von Christoph Redies und Kollegen, der die Bildeigenschaften von bekannten Kunstwerken aus mehreren Jahrhunderten untersuchte (Redies, Hasenstein, & Denzler, 2007). Von da ausgehend begannen meine eigenen Studien. Zunächst werde ich meine Forschungen im Rahmen der Kunstproduktion darlegen. Danach folgt dann die Beschreibung meiner Ergebnisse im Bereich der Kunstrezeption.

### **2.2.1 Kunstproduktion**

Um die Kunstproduktion in Bezug auf die globale Bildeigenschaften zu analysieren, gibt es wiederum zwei Möglichkeiten. Einerseits kann man sich bereits existierenden Kunstwerken widmen und diese auf ihre Eigenschaften untersuchen. Andererseits ist es möglich, den kreativen Prozess der Erstellung eines Kunstwerkes selbst zum Thema zu machen. Hierbei ist die Untersuchung verschiedener Versionen bzw. Vorstufen von Kunstwerken der Hauptansatzpunkt. Beide Möglichkeiten werden nachfolgend dargestellt.

Eine der von mir getätigten Studien zur Kunstproduktion wurde an der so genannten JenAesthetics-Datenbank durchgeführt. Bei den Bildern dieser Datenbank handelt es sich um Scans und Fotografien gegenständlicher Kunstwerke (Abbildung 3D und 3E). Die abstrakten Kunstwerke, die die Hauptuntersuchungsgegenstände meiner Forschung sind, werden nachfolgend besprochen. Die JenAesthetics-Datenbank wurde von unserer Gruppe selbst erstellt (Amirshahi, Denzler, et al., 2013; Amirshahi et al., 2014b). Sie besteht aus über 1600 Bildern von Ölgemälden, welche für verschiedene Bildeigenschaften analysiert und subjektiv von insgesamt 131 Probanden in sieben

verschiedenen Kategorien bewertet wurden. In einer umfassenden Studie über die Bildeigenschaften fanden wir zunächst keine Hinweise auf Universalien – also Bildeigenschaften, die über die Jahrhunderte für alle Gemälde gleich geblieben sind (Hayn-Leichsenring et al., 2017).

Für eine genauere Analyse haben wir die Bilder der Datenbank bezüglich der Zugehörigkeit zu Kunstepochen und bezüglich der gezeigten Bildobjekte eingeteilt. Wir konnten zeigen, dass es für jede der analysierten Bildeigenschaften (HOG Komplexität, HOG Anisotropie, PHOG Selbstähnlichkeit, Drittelregel, Farbwerte und Seitenverhältnis) signifikante Unterschiede zwischen den Kunstepochen gibt. Allerdings fanden wir gleichbleibende Bildeigenschaften für Gemälde mit gleichem Bildobjekt in allen Kunstepochen. Beispielsweise sind die Werte für HOG Anisotropie in Landschaftsgemälden von der Renaissance bis zum Expressionismus gleich geblieben. Dies kann möglicherweise damit begründet werden, dass in Landschaftsgemälden die horizontalen (z.B. Horizont) und vertikalen (z.B. Bäume) Gradienten überwiegen. Analog fanden wir gleichbleibende Werte für PHOG Selbstähnlichkeit in Portraitgemälden über die gesamte untersuchte Zeitspanne (Hayn-Leichsenring et al., 2017). Dies bestätigt die Ergebnisse von Redies, Hänisch, et al. (2007), die zeigten, dass Künstler Gesichter mit einem im Vergleich zu Gesichtsfotos flacheren spektralen Anstieg im eindimensionalen Fourierintensitätsspektrum malen. Der spektrale Anstieg und die PHOG Selbstähnlichkeit sind ähnliche Messmethoden mit für die meisten Datensätze hohen Korrelationen (Braun et al., 2013). Unser Ergebnis war daher Ergebnis nicht überraschend. Wir konnten also zu der Erkenntnis, dass Künstler Menschen mit Bildeigenschaften malen, die von den Originalbildeigenschaften von Gesichtern abweichen, noch die Erkenntnis hinzufügen, dass Künstler das auch gleichbleibend über mehrere Jahrhunderte hinweg taten.



Um die Kunstproduktion genauer zu untersuchen, legten wir den Fokus auf den Gestaltungsprozess. Diese Methode ist mit erheblichen Schwierigkeiten behaftet, da man zumeist ausschließlich zum faktischen Kunstwerk Zugang hat. Der Prozess bis hin zum fertigen Produkt ist demnach opak. Als eine der relativ wenigen Ausnahmen kann der spanische Maler Pablo Picasso (1881 – 1973) angesehen werden. Von seinen Kunstwerken existieren in einigen Fällen mehrere Versionen. Diese verschiedenen Versionen sind zwar auch originäre Kunstwerke, allerdings ist eine Steigerung der Abstraktion zum letztgemalten Bild hin zu erkennen, was auf einen beabsichtigten Produktionsprozess schließen lässt. Wir verglichen die verschiedenen Versionen seiner Gemälde „Les Deux Femmes Nues“ und „Le Taureau“ (Redies, Brachmann, & Hayn-Leichsenring, 2015). Dabei fanden wir, dass sich die HOG Komplexität zwischen den einzelnen Versionen stark unterscheidet. Die späteren Versionen sind weniger komplex. Das ist nicht überraschend, da die früheren Versionen eher realistische Darstellungen sind, während die späteren Versionen aus wenigen Strichen bestehen. Das bestätigt die Ergebnisse der Analyse der JenAesthetics Datenbank, dass Kunstgemälde unterschiedliche Komplexitätswerte aufweisen können (Hayn-Leichsenring et al., 2017). Ähnliches gilt auch für die HOG Anisotropie, die für die späteren Versionen der beiden Picasso-Gemälde etwas höher ist, als für frühere. Besonders interessant ist, dass die PHOG Selbstähnlichkeit bis auf minimale Unterschiede stabil bleibt. Das ist in besonderem Maße überraschend, da die verschiedenen Versionen sich subjektiv stark unterscheiden. Das Ergebnis ist ein Hinweis darauf, dass die Selbstähnlichkeit für die Komposition von Picassos Werken von hoher Relevanz ist (Redies et al., 2015).

Nach diesen Ergebnissen zur gegenständlichen Kunst wende ich mich nun dem Hauptthema, nämlich den Analysen der abstrakten Kunst zu. Eine analoge Untersuchung wie zu den zwei Picasso-Bildserien wurde an einem Datensatz von zwanzig Bildern, welche von Christoph Redies erstellt wurden, durchgeführt. Jedes

dieser Bilder ist aus einer unterschiedlichen Anzahl (52 bis 127) von Grundelementen aufgebaut, welche zu einem Gesamtbild angeordnet wurden. Während des Produktionsprozesses wurden zwischen sechs und siebzehn Zwischenstufen abgespeichert. Es ist wichtig anzumerken, dass zum Zeitpunkt der Produktion keine Messungen durchgeführt wurden und die Bilder bis zu ihrer Fertigstellung nicht in wissenschaftliche Studien eingebunden waren. Bei der Analyse der Bilder inklusive der Vorstudien konnte gezeigt werden, dass sich die HOG Komplexität im Laufe des Produktionsprozesses steigerte. Das ist nicht verwunderlich, da ein Zufügen von Elementen naturgemäß mit einer Steigerung der Komplexität einhergeht. Die HOG Anisotropie wird hingegen hin zum finalen Bild geringer. Es ist wieder besonders interessant, dass sich die PHOG Selbstähnlichkeit im Laufe der Produktion erhöht und schließlich im finalen Bild einen Wert erreicht, der auch in anderen Kunstzeichnungen vorkommt (Redies et al., 2012). Dieses Ergebnis bestätigt wiederum die Resultate anderer Studien, die zeigten, dass die Selbstähnlichkeit in Kunstwerken stets relativ hoch und über verschiedene Kunstrichtungen stabil ist (Amirshahi, Redies, & Denzler, 2013; Braun et al., 2013; Redies et al., 2012).

Um den Prozess der Bildproduktion nicht nur exemplarisch an einem einzelnen Künstler zu zeigen, wurde von meiner Arbeitsgruppe ein Experiment erarbeitet, in welchem fünfzehn Künstler mit fünfzehn Laien verglichen wurden. Der beschriebene Datensatz mit abstrakten Bildern von Christoph Redies ist besonders gut geeignet, um Experimente zur Kunstproduktion zu etablieren. Die einzelnen Gesamtbilder können in ihre Grundelemente zerlegt und neu angeordnet werden. Durch die unveränderlichen Elemente ist der Spielraum für die Kreation von Bildern eingeschränkt. Alle dreißig Probanden hatten die Aufgabe, zehn abstrakte Bilder aus jeweils dreißig Grundelementen, die den Originalbildern von Christoph Redies entnommen wurden, mithilfe eines auf Photoshop basierenden Bilderstellungsprogramms zu gestalten

(Letsch & Hayn-Leichsenring, 2017). Sie sollten dafür die vorgegebenen Elemente in einem abgegrenzten Feld positionieren und drehen, bis ihnen das Bild maximal gefällt. Interessanterweise gab es zwischen den Künstlern und Laien kompositorische Unterschiede (Abbildung 4). Die von den Künstlern geschaffenen Bilder wiesen im Durchschnitt niedrigere Werte in der PHOG Selbstähnlichkeit auf und folgten in höherem Maße der Drittelregel. Es mag zunächst überraschen, dass Künstler Bilder kreierten, die weniger selbstähnlich waren. Allerdings muss dabei beachtet werden, dass die Versuchsanordnung sehr speziell war und die Werte bezüglich der PHOG Selbstähnlichkeit auch ein Abweichen von einer harmonischen Darstellung repräsentieren.

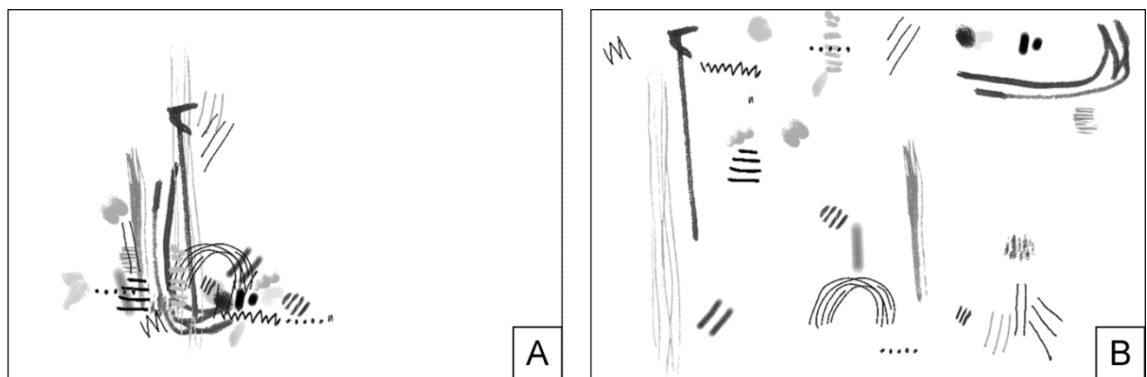


Abbildung 4: Beispielkreationen für Künstler (A) und Laien (B). Es wurden jeweils dreißig abstrakte Elemente kompositorisch in einem vorgegebenen Feld angeordnet (Letsch & Hayn-Leichsenring, 2017).

Wir konnten bereits in einer früheren Studie feststellen, dass Bilder, die der Drittelregel entsprechen, nicht als *schöner* eingeschätzt wurden (Amirshahi et al., 2014a). Dennoch folgten – zumindest in der am Datensatz mit Bildern von Christoph Redies durchgeführten Studie und in diesem speziellen Setting – die Künstler mehr der Drittelregel als die Laien. Sie legten also den Fokus des Bildes eher auf die Kreuzungen der horizontalen und vertikalen Drittellinien. Als wir in einer Folgestudie andere Probanden befragten, ob die einzelnen Bilder von Künstlern oder von Laien erstellt worden waren, konnten diese die Bilder überzufällig korrekt zuordnen. Dabei war

auffallend, dass sie sich (bewusst oder unbewusst) an verschiedenen Bildeigenschaften orientierten. Darunter waren auch die PHOG Selbstähnlichkeit und die Drittelregel. Die Probanden ordneten – wohl einer korrekten Intuition folgend – weniger selbstähnliche und eher der Drittelregel folgende Bilder als von Künstlern erstellt ein.

In den Experimenten zur Kunstproduktion konnte gezeigt werden, dass sich Künstler tatsächlich (implizit oder explizit) an bestimmte Regeln halten. Zwar ist es nicht gelungen, so genannte Universalien auszumachen, jedoch ließen sich eindeutige Hinweise darauf finden, dass die künstlerische Gestaltung von Bildern nicht zufällig ist. Selbst bei der Erstellung von abstrakten Bildern an Computern zeigten Künstler im Durchschnitt eine andere kompositorische Ausrichtung als Laien. Im folgenden Abschnitt soll sich nun der Kunstrezeption gewidmet werden, also der Frage, was für einen Einfluss Kunstwerke auf den Beobachter haben können.

### **2.2.2 Kunstrezeption**

Bezüglich der Kunstrezeption stellte sich zunächst die Frage, ob auch bei der Exposition mit abstrakter Kunst ein Wahrnehmungskontrast aufzufinden sein könnte – wie es für die Bewertung der Schönheit in Kunstportraits von unserer Gruppe bereits gezeigt worden war (Hayn-Leichsenring et al., 2013). Wir gestalteten ein Experiment, um diesen Effekt auch im Bereich der abstrakten Kunst zu untersuchen. Dabei ergab sich die Schwierigkeit des unterschiedlichen Kunstgeschmacks von verschiedenen Personen. Um dieses Problem zu eliminieren wurde ein Studiendesign entwickelt, nach welchem die Probanden in einer ersten Sitzung Bilder verschiedener abstrakter Kunstwerke nach Schönheit bewerteten. Danach wurde, basierend auf den Bewertungen, ein Clustering vorgenommen. Es entstanden sieben Gruppen mit einem – von uns so bezeichneten – ähnlichen Geschmack für abstrakte Kunst. Als positive und negative Adaptoren wurden dann für dieselben Probanden in einer zweiten Sitzung die im Durchschnitt von dieser Gruppe am besten bzw. am schlechtesten bewerteten Bilder

genutzt. Mithilfe dieses Designs konnten wir die Vielfältigkeit des Geschmacks umgehen und einen Wahrnehmungskontrast für Bilder abstrakter Kunstwerke zeigen (Mallon et al., 2014).

Danach wurde untersucht, ob das für die Analyse des Wahrnehmungskontrastes bestimmte Bewertungsmuster (also die verschiedenen Präferenzen der Probanden für bestimmte Bilder) zufällig ist oder auf statistischen Bildeigenschaften beruht. Zu diesem Zweck haben wir die Bewertungsmuster der Probanden (ohne Adaptation) analysiert und diese mit den Bildeigenschaften der Bilder abstrakter Kunstwerke korreliert. Es zeigte sich, dass die Probanden individuelle Präferenzen für verschiedene Bildeigenschaften (Farben, aber auch globale Bildeigenschaften wie HOG Komplexität und PHOG Selbstähnlichkeit) hatten. Anders ausgedrückt: Manche Personen bewerteten beispielsweise selbstähnliche Bilder als *schöner*, während andere Personen komplexere Bilder als *schöner* einstufen. Über die gesammelten Bildeigenschaften – HOG Komplexität, HOG Anisotropie, PHOG Selbstähnlichkeit, Birkhoff-ähnliches Maß (ein an die Überlegungen von Birkhoff (1933) angelegter Messwert, der dem Quotienten von PHOG Selbstähnlichkeit durch HOG Komplexität entspricht), Seitenverhältnis und Farbwerte – führten wir eine Clusteranalyse durch. Wir konnten zeigen, dass es unter unseren Probanden drei Typen von Bewertungsmustern gab, dass sich also unter den getesteten Personen drei unterschiedliche Geschmäcker für abstrakte Kunst ausmachen ließen (Mallon et al., 2014). Es soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass die Probanden höchstwahrscheinlich keine bewusste Präferenz für ein spezifisches Muster an Bildeigenschaftswerten haben. Stattdessen kann man davon ausgehen, dass es – in diesem Experiment – drei Gruppen von Probanden gab, die jeweils ähnliche Bilder bevorzugten. *Post hoc* konnten wir dann zeigen, dass die jeweils präferierten Bilder ähnliche Bildeigenschaften aufweisen.

Anschließend stellte sich die Frage, ob die Zuordnung einer Person zu einer Gruppe mit der Präferenz für spezifische Kunstbilder zufällig, oder ob sie anhand individueller Eigenschaften voraussagen ist. Eine gute Möglichkeit, um die persönlichen Eigenschaften eines Menschen zu quantifizieren, ist das so genannte *Fünf-Faktoren-Modell* (McCrae & Costa, 1987). Mithilfe dieses Modells wird die Persönlichkeit eines Menschen anhand fünf verschiedener Kategorien beschrieben. Diese Kategorien sind Neurotizismus, Extraversion, Gewissenhaftigkeit, Verträglichkeit und Offenheit (gegenüber neuen Erfahrungen). Das genannte Modell wird seit vielen Jahren in der Psychologie angewendet und die beschriebenen Eigenschaften wurden auch in früheren Studien schon mit Kunstgeschmack assoziiert. Beispielsweise präferieren Personen mit hohen Werten im Bereich Neurotizismus abstrakte Kunst und Pop-Art, während gewissenhafte Personen darstellende Kunst bevorzugen (Furnham & Walker, 2001). Verträgliche Personen mögen darstellende Kunst mehr als abstrakte Kunst (Furnham & Avison, 1997). Es ist zudem keineswegs verwunderlich, dass Personen mit hohen Werten im Bereich Offenheit insgesamt wohlwollender bezüglich der Einschätzung von Kunstwerken waren, als weniger offene Personen (Furnham & Walker, 2001). Dieser Effekt ist für abstrakte Kunst besonders stark (Chamorro-Premuzic, Reimers, Hsu, & Ahmetoglu, 2009). Zusammenfassend zeigten die früheren Studien, dass anhand der Bestimmung der fünf Persönlichkeitseigenschaften Voraussagen darüber getroffen werden können, welche Art von Kunst eine Person eher mag. Unsere Forschung ging aber noch einen Schritt weiter. Wir untersuchten, ob es innerhalb einer speziellen Kunstform (in diesem Fall abstrakte Gemälde des 20. und 21. Jahrhunderts) einen Einfluss von Persönlichkeitsfaktoren auf die Bewertung individueller Kunstwerke gibt.

Wir konnten zeigen, dass Personen mit hohen Werten im Bereich Neurotizismus komplexe Bilder (also Bilder von abstrakten Kunstwerken mit hohen Werten in der

HOG Komplexität) bevorzugten (Lyssenko et al., 2016). Diese haben also nicht nur eine Präferenz für abstrakte Kunst im Allgemeinen, sondern mögen auch bestimmte abstrakte Gemälde mehr als andere.

Wie schon beschrieben wurde, ist die Terminologie in der Ästhetik ein sehr komplexes Gebiet. Daher ist es interessant zu fragen, ob die (intuitive) Verwendung von bestimmten Begriffen auch von Persönlichkeitsmerkmalen abhängt. Um das zu untersuchen, baten wir – in Anlehnung an Markovic und Radonjic (2008) – Probanden Bilder von abstrakten Kunstwerken zu beschreiben. Die Vielfalt der Beschreibungsmöglichkeiten für diese Bilder war dabei überraschend. Insgesamt nutzten neunzehn Probanden 1447 unterschiedliche Begriffe. Jedes der zu beschreibenden neunundsiebzig Bilder wurde mit knapp 48 verschiedenen Begriffen beschrieben und die Probanden nutzten im Durchschnitt ungefähr 135 verschiedene Begriffe (über alle Bilder hinweg). Der am häufigsten verwendete Begriff war – überraschenderweise – nicht *schön* oder *hässlich*, sondern *interessant*. Wir erstellten daraufhin vier Bewertungsskalen basierend auf den am häufigsten verwendeten beschreibenden Begriffen. Diese waren: *strukturiert/unstrukturiert*; *komplex/einfach*, *fröhlich/traurig* und *interessant/uninteressant*.

Wir konnten zeigen, dass die Anwendung bestimmter Begriffe (oder die Wahrnehmung der Bilder) sich für Personen mit verschiedenen Persönlichkeitsmerkmalen unterschieden. Beispielsweise assoziierten Personen mit hohen Werten im Bereich Extraversion subjektiv empfundene Komplexität mit subjektiv empfundener Strukturiertheit. Außerdem verbinden diese Personen Strukturiertheit mit Fröhlichkeit – was bei introvertierten Personen nicht der Fall ist. Man kann demnach schlussfolgern, dass das subjektive sprachliche Konzept von beschreibenden Adjektiven zwischen Menschen mit verschiedenen Persönlichkeitsmerkmalen im Rahmen des Fünf-Faktoren-Modells variiert (Lyssenko et

al., 2016). Dies kann als eine Weiterführung der Erkenntnisse von Markovic (2010) angesehen werden.

Auch bezüglich der Einschätzung von Bildern mit bestimmten statistischen (objektiven) Bildeigenschaften unterschieden sich die Probanden. Dies soll beispielhaft anhand von Personen mit hohen Werten im Bereich Neurotizismus erklärt werden. Neurotische Personen schätzten Bilder mit höherer PHOG Selbstähnlichkeit als *strukturierter* und *komplexer* ein, als nicht-neurotische Personen. Auch empfanden sie Bilder mit höheren Anisotropiewerten als *weniger komplex* als die Vergleichsgruppe (Lyssenko et al., 2016). Daraus lässt sich schlussfolgern, dass das von der jeweiligen Person angewandte sprachliche Konzept von (beschreibenden) ästhetischen Begriffen zwischen Personen mit unterschiedlichen Persönlichkeitsmerkmalen variiert.

Ein ähnliches Ergebnis zeigte eine Studie an dem schon beschriebenen Datensatz von abstrakten Bildern, die von Christoph Redies erstellt wurden. Die Originalbilder können systematisch modifiziert werden, indem man die Elemente relativ zueinander nach bestimmten Regeln bewegt. Mithilfe eines Computeralgorithmus wurden aus den zwanzig Originalbildern durch zufällige Anordnung der Elemente jeweils zehn Zufallsversionen erstellt. Die Originalbilder sind insgesamt etwas komplexer (HOG Komplexität) und selbstähnlicher (PHOG Selbstähnlichkeit) als die Zufallsversionen und sie wurden in einem Bewertungsexperiment als *harmonischer*, aber *weniger interessant* eingestuft (Redies et al., 2015). Das unterstreicht die Unterscheidung der Begriffe Interessantheit und Harmonie (Berlyne, 1974). Allerdings war die Abhängigkeit der Bewertungen von den Bildeigenschaften insgesamt (über alle Bilder – Originale und Zufallsversionen) eine andere. PHOG Selbstähnlichkeit korrelierte positiv mit *geordnet* und negativ mit *interessant*, während die HOG Komplexität negativ mit *harmonisch* korrelierte. Diese Bewertungen bestätigten die Ergebnisse früherer Studien, in welchen gezeigt wurde,



dass subjektive Bewertungen unterschiedlich mit objektiven Messwerten korrelieren können (Augustin et al., 2012; Jacobsen & Höfel, 2002).

Es kann festgehalten werden, dass die globalen Bildeigenschaften bei der Rezeption von abstrakten Kunstbildern eine gewichtige Rolle spielen. Für die Kunstproduktion konnten wir zeigen, dass Künstler tatsächlich bewusst oder unbewusst impliziten Regeln folgen, wenn sie ein Gemälde herstellen. Für die Kunstrezeption ist auffallend, dass nicht nur die Präferenzen für bestimmte Bilder an Bildeigenschaften gekoppelt sind, sondern dass Beschreibungen von Bildern mit spezifischen globalen Bildeigenschaften zwischen Personen mit unterschiedlichen Persönlichkeitsmerkmalen systematisch variieren.

### **2.3 Ausblick**

Bisher waren meine Studien – mit der Ausnahme einiger EEG-Untersuchungen – auf psychologische Verhaltenstests beschränkt. In Zukunft werde ich Experimente mit bildgebenden Verfahren durchführen, um die behavioralen Ergebnisse zu untermauern. Dabei soll die Frage beantwortet werden, ob es spezifische kortikale Areale gibt, die sensitiv für globale Bildeigenschaften sind. Bisher konnte gezeigt werden, dass ästhetische Objekte neuronal prinzipiell wie nicht-ästhetische Objekte verarbeitet werden (Vartanian & Skov, 2014). Chatterjee und Vartanian (2014) proklamieren diesen Ergebnissen folgend eine ästhetische Triade bestehend aus drei neuronalen Systemen, die für die ästhetische Erfahrung relevant sind. Diese sind das Wissen-Bedeutung-System, das sensomotorische System und das Emotion-Bewertung-System. Besonderer Fokus wird auf dem occipito-temporalen Kortex, der fusiformen Gesichtsregion, dem lateralen orbitalen Kortex (als Teilen des sensomotorischen Systems), sowie dem ventromedialen Kortex und dem Nucleus accumbens (als Teilen des Emotion-Bewertung-Systems) liegen. Es soll in Zukunft untersucht werden, ob für diese Areale eine generalisierte Antwort auf schöne Stimuli vorliegt, oder ob es dort

domänenspezifische Aktivitätsänderungen mit Bezug auf die globalen Bildeigenschaften gibt. Mithilfe dieser neurowissenschaftlichen Erkenntnisse soll das Wissen um die Attraktivität und die Schönheit erweitert werden.

### 3. Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass mir die Habilitationsordnung der Friedrich-Schiller-Universität Jena vom 07.01.1997 bekannt ist. Ferner erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe der Quelle gekennzeichnet. Im Anschluss an diese ehrenwörtliche Erklärung findet sich eine Liste meiner für diese Habilitationsschrift verwendeten Publikationen, in welcher aufgeführt ist, inwieweit die Co-Autoren zur Erstellung des jeweiligen Artikels unentgeltlich beigetragen haben. Weitere Hilfe habe ich nicht in Anspruch genommen

Weitere Personen waren an der inhaltlich-materiellen Erstellung der Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich hierfür nicht die entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- bzw. Beratungsdiensten in Anspruch genommen. Niemand hat von mir unmittelbar oder mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Arbeit stehen. Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt. Ich versichere, dass ich nach bestem Wissen die reine Wahrheit gesagt und nichts verschwiegen habe.

Ich erkläre weiterhin, dass ich an keiner anderen Stelle ein Habilitationsverfahren für das Fachgebiet Anatomie beantragt bzw. erfolglos beendet habe (Erklärung zur Zulässigkeit des Antrags (§ 3, Abs. 2 HabilO))

Jena den, 13.05.2019

Gregor Hayn-Leichsenring

#### 4. Angabe der Eigenarbeit der in der Habilitationsschrift verwendeten

##### Studien

Amirshahi, S. A., Hayn-Leichsenring, G. U., Denzler, J., & Redies, C. (2014a). Evaluating the Rule of Thirds in Photographs and Paintings. *Art & Perception*, 2, 163-182.

- SAA: Planung der Studie, Schreiben des Artikels; CR: Planung der Studie, Schreiben des Artikels; GUHL: Planung und Durchführung des Bewertungsexperimentes; JD: Planung der Studie

Amirshahi, S. A., Hayn-Leichsenring, G. U., Denzler, J., & Redies, C. (2014b). JenAesthetics Subjective Dataset: Analyzing Paintings by Subjective Scores. Paper presented at the *ECCV 2014 Workshops*, Part I, Lecture Notes in Computer Science.

- SAA: Planung der Studie, Schreiben des Artikels; CR: Planung der Studie, Schreiben des Artikels; GUHL: Planung und Durchführung des Bewertungsexperimentes; JD: Planung der Studie

Hayn-Leichsenring, G. U., Kloth, N., Schweinberger, S. R., & Redies, C. (2013). Adaptation Effects to Attractiveness of Face Photographs and Art Portraits are Domain-Specific. *i-Perception*, 4(5), 303-316. doi: 10.1068/i0583

- GUHL: Planung der Studie, Durchführung des Experimentes; Schreiben des Artikels; CR: Planung der Studie, Schreiben des Artikels; NK: Planung der Studie, Schreiben des Artikels; SRS: Planung der Studie

Hayn-Leichsenring, G. U., Lehmann, T., & Redies, C. (2017). Subjective Ratings of Beauty and Aesthetics: Correlations with Statistical Image Properties in Western Oil Paintings. *i-Perception*.

- GUHL: Planung der Studie, Schreiben des Artikels; CR: Planung der Studie, Unterstützung beim Schreiben des Artikels; TL: Unterstützung bei der statistischen Analyse

Letsch, P., & Hayn-Leichsenring, G. U. (2017). Composing Abstract Images – Differences Between Artists and Lay People. Talk going to be presented at the *5th Visual Science of Art Conference*, Berlin.

- PL: Planung der Studie, Auswertung der Daten; GUHL: Planung der Studie, Auswertung der Daten, Erstellen und Halten des Vortrages

Lyssenko, N., Redies, C., & Hayn-Leichsenring, G. (2016). Evaluating Abstract Art: Relation Between Term Usage, Subjective Ratings, Image Properties and Personality Traits. *Frontiers in Psychology*, 7. doi: 10.3389/fpsyg.2016.00973

- NL: Planung der Studie, Durchführung der Experimente, Schreiben des Artikels; GUHL: Planung der Studie, Durchführung der Experimente, Schreiben des Artikels; CR: Planung der Studie, Unterstützung beim Schreiben des Artikels

Mallon, B., Redies, C., & Hayn-Leichsenring, G. U. (2014). Beauty in Abstract Paintings: Perceptual Contrast and Statistical Properties. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 161. doi: 10.3389/fnhum.2014.00161

- BM: Planung der Studie, Durchführung der Experimente, Schreiben des Artikels; GUHL: Planung der Studie, Durchführung der Experimente, Auswertung der Daten, Schreiben des Artikels; CR: Planung der Studie, Unterstützung beim Schreiben des Artikels

Menzel, C., Hayn-Leichsenring, G. U., Langner, O., Wiese, H., & Redies, C. (2015).

Fourier Power Spectrum Characteristics of Face Photographs: Attractiveness Perception Depends on Low-level Image Properties. *PLoS One*, 10(4), e0122801. doi: 10.1371/journal.pone.0122801

- CM: Planung der Studie, Durchführung der Experimente, Schreiben des Artikels; GUHL: Planung der Studie, Durchführung der Experimente, Schreiben des Artikels; CR: Planung der Studie; OL: Planung der Studie; HW: Planung der Studie

Menzel, C., Hayn-Leichsenring, G. U., Redies, C., Németh, K., & Kovács, G. (2017).

When Noise is Beneficial for Sensory Encoding: Noise Adaptation Can Improve Face Processing. *Brain and Cognition*.

- CM: Planung der Studie, Durchführung der Experimente, Schreiben des Artikels; GC: Planung der Studie, Schreiben des Artikels; GUHL: Planung der Studie; CR: Planung der Studie, KN: Planung der Studie, Schreiben des Artikels

Menzel, C., Redies, C., & Hayn-Leichsenring, G. U. (eingereicht). Low-Level Image

Properties Are Perceptual Markers for Facial Expressions.

- CM: Planung der Studie und des Experimentes, Durchführung der Experimente, Schreiben des Artikels; GUHL: Planung der Studie und des Experimentes; CR: Planung der Studie und des Experimentes

Redies, C., Brachmann, A., & Hayn-Leichsenring, G. U. (2015). Changes of Statistical

Properties During the Creation of Graphic Artworks. *Art & Perception*, 3(1), 93-116. doi: 10.1163/22134913-00002017

- CR: Planung der Studie, Durchführung der Experimente, Schreiben des Artikels; GUHL: Planung der Experimentes, Unterstützung bei der statistischen Auswertung; AB: Planung der Studie

Schulz, K., & Hayn-Leichsenring, G. U. (eingereicht). Face Attractiveness versus Artistic Beauty in Art Portraits: A Behavioral Study.

- KS: Planung der Studie, Durchführung der Experimente, Schreiben des Artikels; GUHL: Planung der Studie, Durchführung der Experimente, Schreiben des Artikels

## 5. Quellen

- Aluja, A., Garcia, O., & Garcia, L. F. (2004). Exploring the Structure of Zuckerman's Sensation Seeking Scale, Form V in a Spanish Sample. *Psychological Reports*, 95(1), 338-344. doi: 10.2466/pr0.95.1.338-344
- Alvarez-Ramirez, J., Ibarra-Valdez, C., Rodriguez, E., & Dagdug, L. (2008). 1/f-Noise Structures in Pollock's Drip Paintings. *Physica A*, 387, 281-295.
- Amirshahi, S. A., Denzler, J., & Redies, C. (2013) JenAesthetics-a Public Dataset of Paintings for Aesthetic Research. Jena, Germany.
- Amirshahi, S. A., Hayn-Leichsenring, G. U., Denzler, J., & Redies, C. (2014a). Evaluating the Rule of Thirds in Photographs and Paintings. *Art & Perception*, 2, 163-182.
- Amirshahi, S. A., Hayn-Leichsenring, G. U., Denzler, J., & Redies, C. (2014b). *JenAesthetics Subjective Dataset: Analyzing Paintings by Subjective Scores*. Paper presented at the ECCV 2014 Workshops, Part I, Lecture Notes in Computer Science.
- Amirshahi, S. A., Koch, M., Denzler, J., & Redies, C. (2012). *PHOG Analysis of Self-Similarity in Esthetic Images*. Paper presented at the Proceedings of SPIE (Human Vision and Electronic Imaging XVII).
- Amirshahi, S. A., Redies, C., & Denzler, J. (2013). *How Self-similar Are Artworks at Different Levels of Spatial Resolution?* Paper presented at the International Symposium on Computational Aesthetics in Graphics, Visualization, and Imaging.
- Antal, A., Varga, E. T., Nitsche, M. A., Chadaide, Z., Paulus, W., Kovács, G., & Vidnyanszky, Z. (2004). Direct Current Stimulation Over MT+/V5 Modulates Motion Aftereffect in Humans. *Neuroreport*, 15(16), 2491-2494. doi: 10.1097/00001756-200411150-00012



- Atick, J. J. (1992). Could Information-theory Provide an Ecological Theory of Sensory Processing. *Network-Computation in Neural Systems*, 3(2), 213-251. doi: Doi 10.1088/0954-898x/3/2/009
- Augustin, M. D., Wagemans, J., & Carbon, C. C. (2012). All is Beautiful? Generality vs. Specificity of Word Usage in Visual Aesthetics. *Acta Psychologica*, 139(1), 187-201. doi: 10.1016/j.actpsy.2011.10.004
- Baccus, S. A., & Meister, M. (2004). Retina versus Cortex: Contrast Adaptation in Parallel Visual Pathways. *Neuron*, 42(1), 5-7. doi: Doi 10.1016/S0896-6273(04)00187-4
- Barlow, H. (1961). Possible Principles Underlying the Transformation of Sensory Messages. In W. A. Rosenblith (Ed.), *Sensory Communication* (pp. 217-234). Cambridge: MIT Press.
- Baudouin, J. Y., & Tiberghien, G. (2004). Symmetry, Averageness, and Feature Size in the Facial Attractiveness of Women. *Acta Psychologica*, 117(3), 313-332. doi: 10.1016/j.actpsy.2004.07.002
- Belke, B., Leder, H., & Augustin, M. D. (2006). Mastering Style. Effects of Explicit Style-related Information, Art Knowledge and Affective State on Appreciation of Abstract paintings. *Psychology Science*, 48(2), 115.
- Berlyne, D. E. (1974). *Studies in the New Experimental Aesthetics: Steps Toward an Objective Psychology of Aesthetic Appreciation*. Washington: Hemisphere.
- Birkhoff, G. D. (1933). *Aesthetic Measure*. Cambridge: Harvard University Press.
- Blickhan, M., Kaufmann, J. M., Denzler, J., Schweinberger, S. R., & Redies, C. (2011). 1/f(p) Characteristics of the Fourier Power Spectrum Affects ERP Correlates of Face Learning and Recognition. *Biological Psychology*, 88(2-3), 204-214. doi: 10.1016/j.biopsycho.2011.08.003

- Bosch, A., Zisserman, A., & Munoz, X. (2008). Scene Slassification Using a Hybrid Generative/Discriminative Approach. *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell*, 30(4), 712-727. doi: 10.1109/TPAMI.2007.70716
- Braun, J., Amirshahi, S. A., Denzler, J., & Redies, C. (2013). Statistical Image Properties of Print Advertisements, Visual Artworks and Images of Architecture. *Frontiers in Psychology*, 4, 808. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00808
- Bronstad, P. M., Langlois, J. H., & Russell, R. (2008). Computational Models of Facial Attractiveness Judgments. *Perception*, 37(1), 126-142. doi: 10.1068/p5805
- Burton, G. J., & Moorhead, I. R. (1987). Color and Spatial Structure in Natural Scenes. *Applied Optics*, 26(1), 157-170. doi: 10.1364/AO.26.000157
- Cellerino, A. (2003). Psychobiology of Facial Attractiveness. *Journal of Endocrinological Investigation*, 2, 45-48.
- Chamorro-Premuzic, T., Reimers, S., Hsu, A., & Ahmetoglu, G. (2009). Who Art Thou? Personality Predictors of Artistic Preferences in a Large UK Sample: The Importance of Openness. *British Journal of Psychology*, 100, 501-516. doi: 10.1348/000712608X366867
- Chatterjee, A., & Vartanian, O. (2014). Neuroaesthetics. *Trends in Cognitive Science*, 18(7), 370-375. doi: 10.1016/j.tics.2014.03.003
- Chen, A. H., Zhou, Y., Gong, H. Q., & Liang, P. J. (2005). Luminance Adaptation Increased The Contrast Sensitivity of Retinal Ganglion Cells. *Neuroreport*, 16(4), 371-375. doi: Doi 10.1097/00001756-200503150-00013
- Cunningham, M. R., Roberts, A. R., Wu, C. H., Barbee, A. P., & Druen, P. B. (1995). Their Ideas of Beauty Are, on the Whole, the Same as Ours - Consistency and Variability in the Cross-Cultural Perception of Female Physical Attractiveness. *Journal of Personality and Social Psychology*, 68(2), 261-279. doi: Doi 10.1037/0022-3514.68.2.261

- De Cesarei, A., & Codispoti, M. (2013). Spatial Frequencies and Emotional Perception. *Reviews in the Neurosciences*, 24(1), 89-104. doi: 10.1515/revneuro-2012-0053
- Ebner, N. C., Riediger, M., & Lindenberger, U. (2010). FACES - A Database of Facial Expressions in Young, Middle-aged, and Older Women and Men: Development and Validation. *Behavior Research Methods*, 42(1), 351-362. doi: 10.3758/Brm.42.1.351
- Eimer, M., & Holmes, A. (2002). An ERP Study on the Time Course of Emotional Face Processing. *Neuroreport*, 13(4), 427-431. doi: Doi 10.1097/00001756-200203250-00013
- Fechner, G. T. (1876). *Vorschule der Ästhetik [Pre-School of Aesthetics]*. Leipzig: Breitkopf & Härtel.
- Fellous, J. M. (1997). Gender Discrimination and Prediction on the Basis of Facial Metric Information. *Vision Research*, 37(14), 1961-1973. doi: Doi 10.1016/S0042-6989(97)00010-2
- Field, D. J. (1994). What Is the Goal of Sensory Coding. *Neural Computation*, 6(4), 559-601. doi: DOI 10.1162/neco.1994.6.4.559
- Fink, B., Grammer, K., & Matts, P. J. (2006). Visible Skin Color Distribution Plays a Role in the Perception of Age, Attractiveness, and Health in Female Faces. *Evolution and Human Behavior*, 27(6), 433-442. doi: 10.1016/j.evolhumbehav.2006.08.007
- Fink, B., Grammer, K., & Thornhill, R. (2001). Human (Homo sapiens) Facial Attractiveness in Relation to Skin Texture and Color. *Journal of Comparative Psychology*, 115(1), 92-99. doi: 10.1037//0735-7036.115.1.92
- Forsythe, A., Nadal, M., Sheehy, N., Cela-Conde, C. J., & Sawey, M. (2011). Predicting Beauty: Fractal Dimension and Visual Complexity in Art. *British Journal of Psychology*, 102(1), 49-70. doi: 10.1348/000712610X498958

- Furnham, A., & Avison, M. (1997). Personality and Preference for Surreal Paintings. *Personality and Individual Differences*, 23(6), 923-935. doi: 10.1016/S0191-8869(97)00131-1
- Furnham, A., & Walker, J. (2001). Personality and Judgement of Abstract, Pop Art, and Representational Paintings. *European Journal of Personality*, 15, 57–72.
- Geisler, W. S. (2008). Visual Perception and the Statistical Properties of Natural Scenes. *Annual Review of Psychology*, 59, 167-192. doi: 10.1146/annurev.psych.58.110405.085632
- Graham, D. J., & Field, D. J. (2007). Statistical Regularities of Art Images and Natural Scenes: Spectra, Sparseness and Nonlinearities. *Spatial Vision*, 21(1-2), 149-164. doi: 10.1163/156856807782753877
- Graham, D. J., & Field, D. J. (2008). Statistical Regularities of Art Images and Natural Scenes: Spectra, Sparseness and Nonlinearities. *Spatial Vision*, 21(1-2), 149-164. doi: 10.1163/156856808782713771
- Graham, D. J., & Redies, C. (2010). Statistical Regularities in Art: Relations with Visual Coding and Perception. *Vision Research*, 50(16), 1503-1509. doi: 10.1016/j.visres.2010.05.002
- Güclütürk, Y., Jacobs, R. H., & van Lier, R. (2016). Liking versus Complexity: Decomposing the Inverted U-curve. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10, 112. doi: 10.3389/fnhum.2016.00112
- Hayn-Leichsenring, G. U., Kloth, N., Schweinberger, S. R., & Redies, C. (2013). Adaptation Effects to Attractiveness of Face Photographs and Art Portraits are Domain-specific. *i-Perception*, 4(5), 303-316. doi: 10.1068/i0583
- Hayn-Leichsenring, G. U., Lehmann, T., & Redies, C. (2017). Subjective Ratings of Beauty and Aesthetics: Correlations with Statistical Image Properties in Western Oil Paintings. *i-Perception*, 8(3). doi: 10.1177/2041669517715474

- Hoenig, F. (2005). *Defining Computational Aesthetics*. Paper presented at the Proceedings of the First Eurographics conference on Computational Aesthetics in Graphics, Visualization and Imaging.
- Hönekopp, J. (2006). Once More: Is Beauty in the Eye of the Beholder? Relative Contributions of Private and Shared Taste to Judgments of Facial Attractiveness. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance*, 32(2), 199-209. doi: 10.1037/0096-1523.32.2.199
- Jacobsen, T. (2004). Individual and Group Modelling of Aesthetic Judgment Strategies. *British Journal of Psychology*, 95, 41-56. doi: 10.1348/000712604322779451
- Jacobsen, T., & Höfel, L. (2002). Aesthetic Judgments of Novel Graphic Patterns: Analyses of Individual Judgments. *Perceptual and Motor Skills*, 95(3 Pt 1), 755-766. doi: 10.2466/pms.2002.95.3.755
- Jones, B. C., Little, A. C., Burt, D. M., & Perrett, D. I. (2004). When Facial Attractiveness is Only Skin Deep. *Perception*, 33(5), 569-576. doi: 10.1068/p3463
- Jones, B. C., Perrett, D. I., Little, A. C., Boothroyd, L., Cornwell, R. E., Feinberg, D. R., . . . Moore, F. R. (2005). Menstrual Cycle, Pregnancy and Oral Contraceptive Use Alter Attraction to Apparent Health in Faces. *Proceedings of the Royal Society B - Biological Sciences*, 272(1561), 347-354. doi: 10.1098/rspb.2004.2962
- Juricevic, I., Land, L., Wilkins, A., & Webster, M. A. (2010). Visual Discomfort and Natural Image Statistics. *Perception*, 39(7), 884-899. doi: 10.1068/p6656
- Kant, I. (1790). *Kritik der Urteilskraft*.

- Langlois, J. H., Kalakanis, L., Rubenstein, A. J., Larson, A., Hallam, M., & Smoot, M. (2000). Maxims or Myths of Beauty? A Meta-analytic and Theoretical Review. *Psychological Bulletin*, 126(3), 390-423. doi: Doi 10.1037/0033-2909.126.3.390
- Langlois, J. H., & Roggman, L. A. (1990). Attractive Faces Are Only Average. *Psychological Science*, 1(2), 115-121. doi: DOI 10.1111/j.1467-9280.1990.tb00079.x
- Leder, H., Belke, B., Oeberst, A., & Augustin, D. (2004). A Model of Aesthetic Appreciation and Aesthetic Judgments. *British Journal of Psychology*, 95(Pt 4), 489-508. doi: 10.1348/0007126042369811
- Leder, H., Ring, A., & Dressler, S. G. (2013). See me, Feel me! Aesthetic Evaluations of Art Portraits. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 7(4), 358-369.
- Letsch, P., & Hayn-Leichsenring, G. U. (2017). *Composing Abstract Images – Differences Between Artists and Lay People* Paper going to be presented at the 5th Visual Science of Art Conference, Berlin.
- Little, A. C., Apicella, C. L., & Marlowe, F. W. (2007). Preferences for Symmetry in Human Faces in Two Cultures: Data From the UK and the Hadza, an Isolated Group of Hunter-gatherers. *Proceedings of the Royal Society B - Biological Sciences*, 274(1629), 3113-3117. doi: 10.1098/rspb.2007.0895
- Locher, P., Krupinski, E. A., Mello-Thoms, C., & Nodine, C. F. (2007). Visual Interest in Pictorial Art During an Aesthetic Experience. *Spatial Vision*, 21(1-2), 55-77. doi: 10.1163/156856807782753868
- Lu, X. G., Chen, H., & Jain, A. K. (2006). Multimodal Facial Gender and Ethnicity Identification. *Advances in Biometrics, Proceedings*, 3832, 554-561.

- Lyssenko, N., Redies, C., & Hayn-Leichsenring, G. (2016). Evaluating Abstract Art: Relation Between Term Usage, Subjective Ratings, Image Properties and Personality Traits. *Frontiers in Psychology*, 7. doi: 10.3389/fpsyg.2016.00973
- Mai, L., Le, H., Niu, Y., & Liu, F. (2011). *Rule of Thirds Detection from Photograph*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE International Symposium on Multimedia, Dana Point, CA.
- Mallon, B., Redies, C., & Hayn-Leichsenring, G. U. (2014). Beauty in Abstract Paintings: Perceptual Contrast and Statistical Properties. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 161. doi: 10.3389/fnhum.2014.00161
- Markovic, S. (2010). Aesthetic Experience and the Emotional Content of Paintings. *Psihologija*, 43(1), 47-64. doi: 10.2298/Psi1001047m
- Markovic, S., & Radonjic, A. (2008). Implicit and Explicit Features of Paintings. *Spatial Vision*, 21(3-5), 229-259. doi: 10.1163/156856808784532563
- McCrae, R. R., & Costa, P. T., Jr. (1987). Validation of the Five-factor Model of Personality Across Instruments and Observers. *Journal of Personality and Social Psychology*, 52(1), 81-90.
- Menzel, C., Hayn-Leichsenring, G. U., Langner, O., Wiese, H., & Redies, C. (2015). Fourier Power Spectrum Characteristics of Face Photographs: Attractiveness Perception Depends on Low-level Image Properties. *PLoS One*, 10(4), e0122801. doi: 10.1371/journal.pone.0122801
- Menzel, C., Hayn-Leichsenring, G. U., Redies, C., Németh, K., & Kovács, G. (2017). When Noise is Beneficial for Sensory Encoding: Noise Adaptation Can Improve Face Processing. *Brain and Cognition*.
- Menzel, C., Redies, C., & Hayn-Leichsenring, G. U. (eingereicht). Low-Level Image Properties Are Perceptual Markers for Facial Expressions.

- Nadal, M. (2007). *Complexity and Aesthetic Preference for Diverse Visual Stimuli*.  
Universitat de les Illes Balears, Spain.
- Nishimura, M., Maurer, D., Jeffery, L., Pellicano, E., & Rhodes, G. (2008). Fitting the  
Child's Mind to the World: Adaptive Norm-based Coding of Facial Identity in  
8-year-olds. *Developmental Science*, 11(4), 620-627. doi: 10.1111/j.1467-  
7687.2008.00706.x
- Olshausen, B. A., & Field, D. J. (1996). Natural Image Statistics and Efficient Coding.  
*Network-Computation in Neural Systems*, 7(2), 333-339. doi: Doi 10.1088/0954-  
898x/7/2/014
- Olshausen, B. A., & Field, D. J. (2000). Vision and the Coding of Natural Images.  
*American Scientist*, 88(3), 238-245. doi: Doi 10.1511/2000.23.770
- Parraga, C. A., Troscianko, T., & Tolhurst, D. J. (2000). The Human Visual System Is  
Optimised for Processing the Spatial Information in Natural Visual Images.  
*Current Biology*, 10(1), 35-38. doi: Doi 10.1016/S0960-9822(99)00262-6
- Penton-Voak, I. S., & Perrett, D. I. (2000). Female Preference for Male Faces Changes  
Cyclically: Further Evidence. *Evolution and Human Behavior*, 21(1), 39-48.  
doi: Doi 10.1016/S1090-5138(99)00033-1
- Reber, R., Schwarz, N., & Winkielman, P. (2004). Processing Fluency and Aesthetic  
Pleasure: Is Beauty in the Perceiver's Processing Experience? *Personality and  
Social Psychology Review*, 8(4), 364-382. doi: DOI  
10.1207/s15327957pspr0804\_3
- Redies, C. (2007). A Universal Model of Esthetic Perception Based on the Sensory  
Coding of Natural Stimuli. *Spatial Vision*, 21(1-2), 97-117. doi:  
10.1163/156856807782753886



- Redies, C. (2015). Combining Universal Beauty and Cultural Context in a Unifying Model of Visual Aesthetic Experience. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 218. doi: 10.3389/fnhum.2015.00218
- Redies, C., Amirshahi, S. A., Koch, M., & Denzler, J. (2012). *PHOG-Derived Aesthetic Measures Applied to Color Photographs of Artworks, Natural Scenes and Objects*. Paper presented at the 12th European Conference on Computer Vision (ECCV), Florence, Italy.
- Redies, C., Brachmann, A., & Hayn-Leichsenring, G. U. (2015). Changes of Statistical Properties During the Creation of Graphic Artworks. *Art & Perception*, 3(1), 93-116. doi: 10.1163/22134913-00002017
- Redies, C., Hänisch, J., Blickhan, M., & Denzler, J. (2007). Artists Portray Human Faces with the Fourier Statistics of Complex Natural Scenes. *Network*, 18(3), 235-248. doi: 10.1080/09548980701574496
- Redies, C., Hasenstein, J., & Denzler, J. (2007). Fractal-like Image Statistics in Visual Art: Similarity to Natural Scenes. *Spatial Vision*, 21(1-2), 137-148. doi: 10.1163/156856807782753921
- Rhodes, G., Carey, S., Byatt, G., & Proffitt, F. (1998). Coding Spatial Variations in Faces and Simple Shapes: A Test of Two Models. *Vision Research*, 38(15-16), 2307-2321. doi: Doi 10.1016/S0042-6989(97)00470-7
- Rhodes, G., Hickford, C., & Jeffery, L. (2000). Sex-typicality and Attractiveness: Are Supermale and Superfemale Faces Super-attractive. *British Journal of Psychology*, 91, 125-140. doi: Doi 10.1348/000712600161718
- Rhodes, G., & Jeffery, L. (2006). Adaptive Norm-based Coding of Facial Identity. *Vision Research*, 46(18), 2977-2987. doi: 10.1016/j.visres.2006.03.002
- Rhodes, G., Jeffery, L., Watson, T. L., Clifford, C. W. G., & Nakayama, K. (2003). Fitting the Mind to the World: Face Adaptation and Attractiveness Aftereffects.

- Psychological Science*, 14(6), 558-566. doi: DOI 10.1046/j.0956-7976.2003.psci\_1465.x
- Rhodes, G., Louw, K., & Evangelista, E. (2009). Perceptual Adaptation to Facial Asymmetries. *Psychon Bull Rev*, 16(3), 503-508. doi: 10.3758/Pbr.16.3.503
- Rhodes, G., & Tremewan, T. (1996). Averageness, Exaggeration, and Facial Attractiveness. *Psychological Science*, 7(2), 105-110. doi: DOI 10.1111/j.1467-9280.1996.tb00338.x
- Rhodes, G., Yoshikawa, S., Clark, A., Lee, K., McKay, R., & Akamatsu, S. (2001). Attractiveness of Facial Averageness and Symmetry in Non-Western Cultures: In Search of Biologically Based Standards of Beauty. *Perception*, 30(5), 611-625. doi: Doi 10.1068/P3123
- Rhodes, G., Zebrowitz, L. A., Clark, A., Kalick, S. M., Hightower, A., & McKay, R. (2001). Do Facial Averageness and Symmetry Signal Health? *Evolution and Human Behavior*, 22(1), 31-46. doi: Doi 10.1016/S1090-5138(00)00060-X
- Rieke, F., & Rudd, M. E. (2009). The Challenges Natural Images Pose for Visual Adaptation. *Neuron*, 64(5), 605-616. doi: 10.1016/j.neuron.2009.11.028
- Rigau, J., Feixas, M., & Sbert, M. (2008). Informational Aesthetics Measures. *IEEE computer graphics and applications*, 28(2), 24-34.
- Rousselet, G. A., Pernet, C. R., Bennett, P. J., & Sekuler, A. B. (2008). Parametric Study of EEG Sensitivity to Phase Noise During Face Processing. *Bmc Neuroscience*, 9. doi: Artn 9810.1186/1471-2202-9-98
- Rubenstein, A. J., Kalakanis, L., & Langlois, J. H. (1999). Infant Preferences for Attractive Faces: A Cognitive Explanation. *Developmental Psychology*, 35(3), 848-855. doi: Doi 10.1037//0012-1649.35.3.848
- Ruderman, D. L. (1994). The Statistics of Natural Images. *Network-Computation in Neural Systems*, 5(4), 517-548. doi: Doi 10.1088/0954-898x/5/4/006

- Ruderman, D. L., & Bialek, W. (1994). Statistics of Natural Images: Scaling in the Woods. *Physical Review Letters*, 73(6), 814-817.
- Russell, R. (2003). Sex, Beauty, and the Relative Luminance of Facial Features. *Perception*, 32(9), 1093-1107. doi: 10.1068/p5101
- Russell, R. (2009). A Sex Difference in Facial Contrast and its Exaggeration by Cosmetics. *Perception*, 38(8), 1211-1219. doi: 10.1068/p6331
- Schneider, B. L., DeLong, J. E., & Busey, T. A. (2007). Added Noise Affects the Neural Correlates of Upright and Inverted Faces Differently. *Journal of Vision*, 7(4). doi: Artn 410.1167/7.4.4
- Schulz, K., & Hayn-Leichsenring, G. U. (eingereicht). *Face Attractiveness versus Artistic Beauty in Art Portraits: A Behavioral Study*.
- Schweinberger, S. R., Zäske, R., Walther, C., Golle, J., Kovács, G., & Wiese, H. (2010). Young Without Plastic Surgery: Perceptual Adaptation to the Age of Female and Male Faces. *Vision Research*, 50(23), 2570-2576. doi: 10.1016/j.visres.2010.08.017
- Simoncelli, E. P. (2003). Vision and the Statistics of the Visual Environment. *Curr Opin Neurobiol*, 13(2), 144-149. doi: 10.1016/S0959-4388(03)00047-3
- Simoncelli, E. P., & Olshausen, B. A. (2001). Natural Image Statistics and Neural Representation. *Annual Review of Neuroscience*, 24, 1193-1216. doi: DOI 10.1146/annurev.neuro.24.1.1193
- Smith, F. W., & Schyns, P. G. (2009). Smile Through Your Fear and Sadness. *Psychological Science*, 20(10), 1202-1208.
- Spehar, B., Wong, S., van de Klundert, S., Lui, J., Clifford, C. W. G., & Taylor, R. P. (2015). Beauty and the Beholder: The Role of Visual Sensitivity in Visual Preference. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9. doi: Artn 51410.3389/Fnhum.2015.00514

- Stephen, I. D., Oldham, F. H., Perrett, D. I., & Barton, R. A. (2012). Redness Enhances Perceived Aggression, Dominance and Attractiveness in Men's Faces. *Evolutionary Psychology*, 10(3), 562-572.
- Tadmor, Y., & Tolhurst, D. J. (1994). Discrimination of Changes in the 2nd-Order Statistics of Natural and Synthetic-Images. *Vision Research*, 34(4), 541-554. doi: Doi 10.1016/0042-6989(94)90167-8
- Taylor, R. P., Micolich, A. P., & Jonas, D. (1999). Fractal Analysis of Pollock's Drip Paintings. *Nature*, 399(6735), 422-422. doi: Doi 10.1038/20833
- Tolhurst, D. J., & Tadmor, Y. (2000). Discrimination of Spectrally Blended Natural Images: Optimisation of the Human Visual System for Encoding Natural Images. *Perception*, 29(9), 1087-1100. doi: Doi 10.1068/P3015
- Tolhurst, D. J., Tadmor, Y., & Chao, T. (1992). Amplitude Spectra of Natural Images. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 12(2), 229-232. doi: DOI 10.1111/j.1475-1313.1992.tb00296.x
- Valentine, T., Darling, S., & Donnelly, M. (2004). Why are Average Faces Attractive? The Effect of View and Averageness on the Attractiveness of Female Faces. *Psychon Bull Rev*, 11(3), 482-487.
- Vartanian, O., & Skov, M. (2014). Neural Correlates of Viewing Paintings: Evidence from a Quantitative Meta-analysis of Functional Magnetic Resonance Imaging Data. *Brain and Cognition*, 87, 52-56. doi: 10.1016/j.bandc.2014.03.004
- Vinje, W. E., & Gallant, J. L. (2000). Sparse Coding and Decorrelation in Primary Visual Cortex During Natural Vision. *Science*, 287(5456), 1273-1276. doi: DOI 10.1126/science.287.5456.1273
- Vinje, W. E., & Gallant, J. L. (2002). Natural Stimulation of the Nonclassical Receptive Field Increases Information Transmission Efficiency in V1. *Journal of Neuroscience*, 22(7), 2904-2915.

- Vuilleumier, P., Armony, J. L., Driver, J., & Dolan, R. J. (2003). Distinct Spatial Frequency Sensitivities For Processing Faces and Emotional Expressions. *Nature Neuroscience*, 6(6), 624-631. doi: 10.1038/nn1057
- Webster, M. A. (2001). *Visual Adaptation and the Relative Nature of Perception*. Paper presented at the International Conference on image Processing (ICIP), Thessaloniki, Greece.
- Webster, M. A., Kaping, D., Mizokami, Y., & Duhamel, P. (2004). Adaptation to Natural Facial Categories. *Nature*, 428(6982), 557-561. doi: 10.1038/nature02420
- Webster, M. A., & MacLin, O. H. (1999). Figural Aftereffects in the Perception of Faces. *Psychon Bull Rev*, 6(4), 647-653. doi: Doi 10.3758/Bf03212974
- Wilhelm, T., Bohme, H. J., & Gross, H. M. (2005). Classification of Face Images for Gender, Age, Facial Expression, and Identity. *Artificial Neural Networks: Biological Inspirations - Icann 2005, Pt 1, Proceedings*, 3696, 569-574.

## 6. Curriculum Vitae

**DR. MED. DENT. HABIL. GREGOR UWE HAYN-LEICHSENRING, B.A.**

Institut für Anatomie I, Universitätsklinikum Jena, Teichgraben 7, Jena, Germany  
Tel.: 03641-9-396120, Email: gregorhaynleichenring@googlemail.com

### Forschungserfahrung

**Wissenschaftlicher Mitarbeiter, 04/2019-heute**  
**Institut für Anatomie I, Universitätsklinikum Jena**

- Postdoktorand auf dem Gebiet der Ästhetikforschung (Attraktivität von Gesichtern und Schönheit von Kunstwerken)
- Leiter der Junior-Arbeitsgruppe “Psychology of Beauty”
- Forschungsgebiete und Methoden:  
Anwendung diverser psychologischer und neuronaler Forschungsmethoden um Attraktivität und Schönheit zu untersuchen. Analyse von statistischen Bildeigenschaften.

**Wissenschaftlicher Mitarbeiter, 10/2017-03/2019**  
**Department of Neurology, University of Pennsylvania**

- Postdoktorand auf dem Gebiet der Ästhetikforschung (Schönheit von Kunstwerken)
- Methode und Forschungsgebiet:  
Funktionelle Magnetresonanztomographie zur Untersuchung der neuronalen Aktivitäten bei der Betrachtung von abstrakten Kunstwerken

**Wissenschaftlicher Mitarbeiter, 06/2010-09/2017**  
**Institut für Anatomie I, Universitätsklinikum Jena**

- Postdoktorand auf dem Gebiet der Ästhetikforschung (Attraktivität von Gesichtern und Schönheit von Kunstwerken)
- Teil der “Empirical Aesthetics Research Group“ (Leiter: Christoph Redies, 06/2010-06/2014)
- Teil der DFG-Forschergruppe “Person Perception Research Unit” (Teilprojekt: “Attractiveness: Statistical Properties versus Personal Characteristics”, Leiter: Stefan Schweinberger, 10/2013-10/2016)
- Leiter der Junior-Arbeitsgruppe “Psychology of Beauty” (seit 06/2014)
- Teil der “Social Potential in Autism Unit Jena” Arbeitsgruppe (seit 2015)
- Forschungsgebiete und Methoden:  
Anwendung diverser psychologischer Forschungsmethoden um Attraktivität und Schönheit zu untersuchen. Analyse von statistischen Bildeigenschaften.

**Doktorand 10/2007 – 06/2010**

**Institut für Anatomie I, Universitätsklinikum Jena**

- Neuroembryologische Forschung: Analyse von Gen- und Proteinexpression während der Entwicklung von Mausgehirnen
- Erfahrung bei der Anwendung biochemischer Techniken um die Rolle von Engrailed-2 für die Morphologie und Synapsenbildung cerebellärer Purkinje-Zellen zu untersuchen
- Methoden: PCR, Western Blot, immunhistochemische Färbung und 2-Photonen-Mikroskopie, Elektronenmikroskopie

**Forschungsqualifikationen**

- Verhaltensexperimente (Bewertung, Adaptation, Gist-Wahrnehmung)
- Bildanalyse
- ERP
- Programmierung (MATLAB, PsychoPy)

**Lehrerfahrung****Institut für Anatomie I, Universitätsklinikum Jena****10/2007-09/2017  
und 04/2019-heute**

- Dozent für makroskopische Anatomie (Seminare und Kurse) seit 2007
- Dozent für Neuroanatomie (Seminare und Kurse) seit 2010
- Dozent für neurophilosophische Wahlpflichtfächer (seit 2012)
- Organisator eines Journal Clubs zum Thema Autismus 2015-2017

**Ausbildung****Doktorarbeit in Philosophie (in Arbeit)  
Friedrich-Schiller-Universität Jena, Deutschland****05/2015-heute****Habilitation  
Universitätsklinikum Jena, Deutschland****12/2019****Dr. med. dent. (Note: magna cum laude)  
Universitätsklinikum Jena, Deutschland****10/2007-06/2010****B.A. in Philosophie und Germanistik (Note: 1,7)  
Friedrich-Schiller-Universität Jena, Deutschland****04/2007-04/2012****Zahnmedizinstudium (Staatsexamen, Note: 1,8)  
Universitätsklinikum Jena, Deutschland****10/2000-04/2007****Abitur (Note: 1,6)  
Gellert-Gymnasium Hainichen/Sa.****06/1999**

**Sonstige Kenntnisse**

- Microsoft Word, PowerPoint, Excel und Publisher
- R, SPSS
- PsychoPy, MATLAB, OpenSesame
- Adobe Lightroom & Photoshop

**Mitglied in Gesellschaften**

Deutsche Gesellschaft für Ästhetik  
Anatomische Gesellschaft

02/2012-heute  
03/2014-heute

Gregor Hayn-Leichsenring